

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE

PRODUÇÃO E SISTEMAS

NÍVEL MESTRADO

FILIPE BORTOLINI

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS PREVALENTES PARA SITUAÇÕES DE
STRESS EM PARQUES DE TANCAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS REDES
NEURAS ARTIFICIAIS**

SÃO LEOPOLDO

2015

FILIFE BORTOLINI

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS PREVALENTES PARA SITUAÇÕES DE
STRESS EM PARQUES DE TANCAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS REDES
NEURAIIS ARTIFICIAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Dr. Daniel Pacheco Lacerda

Co- Orientador: Dr. Luis Felipe Riehs

Camargo

SÃO LEOPOLDO

2015

B739i

Bortolini, Filipe.

Identificação de variáveis prevalentes para situações de stress em parques de tancagem : uma análise a partir das redes neurais artificiais / Filipe Bortolini. – 2015.

206 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2015.

“Orientador: Dr. Daniel Pacheco Lacerda; Co- Orientador: Dr. Luis Felipe Riehs Camargo”.

1. Stress. 2. Parque de tancagem. 3. Gestão de estoques. 4. Indústria petroquímica. 5. Redes neurais. 6. Heurística. I. Título.

CDU: 658.7

FILIFE BORTOLINI

**IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS PREVALENTES PARA SITUAÇÕES DE
STRESS EM PARQUES DE TANCAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS REDES
NEURAS ARTIFICIAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em ____/_____/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda – Orientador
PPGEPS Unisinos

Prof. Dr. Luís Felipe Riehs Camargo – Coorientador
Unisinos

Prof. Dr. Luís Henrique Rodrigues
PPGEPS Unisinos

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto
PPGEPS Unisinos

Prof. Dra. Priscila Ferraz
COPPE / UFRJ

AGRADECIMENTOS

Este estudo é o marco de três anos de dedicação e de muito trabalho. Foi um período árduo, repleto de desafios, dificuldades e obstáculos a serem superados. Mas também, ou, talvez, justamente por isso, foi um período de aprendizado, autoconhecimento e de muito desenvolvimento, tanto profissional quanto pessoal.

Em primeiro lugar, preciso agradecer ao meu orientador, o Prof. Daniel Pacheco Lacerda, que me lançou o desafio e que me deu todo o apoio e o suporte necessário durante esse período. Também agradeço o meu coorientador, o Prof. Luis Felipe Riehs Camargo, pelos ensinamentos e pela base técnica que foram fundamentais para a aplicação dos métodos utilizados neste trabalho.

Um muito obrigado ao Prof. Junico, amado mestre, pela constante postura colaborativa e construtiva, e por sempre ter acreditado e incentivado o meu trabalho. E ao Prof. Luis Henrique, sempre disposto a colaborar e a questionar os limites do conhecimento, e sempre capaz de fazer qualquer um se sentir incomodado em estar acomodado.

Também sou grato a todos os demais integrantes do GMAP | UNISINOS, sempre dispostos a ajudar. Um agradecimento especial ao Fabricio Machado, que me abriu as portas da REFAP e que tornou possível que eu conhecesse a realidade de uma refinaria de petróleo.

Agradeço ao colega Fabio Antonio Sartori Piran, que durante todo o período da dissertação, contribuiu com idéias e discussões, e me ajudou a entender e superar diversas dúvidas e dificuldades. E também aos colegas Alexandro Reis e Eduardo Batista, parceiros e amigos durante todo o período de mestrado e sem os quais o caminho certamente teria sido mais difícil.

Agradeço minha mãe, Clélia, e meus irmãos Luciano e Vicente, que sempre me apoiaram e que souberam compreender a minha distância em todo esse período. Obrigado ao meu pai Vitório, que sempre me incentivou e que tenho certeza que se estivesse aqui agora estaria orgulhoso. Obrigado à minha tia, Maria Luiza, que partiu pouco antes do início desse mestrado, e sempre fez questão de incentivar os sobrinhos a estudar e a conhecer o mundo.

Obrigado a todos os meus amigos, que entenderam a minha ausência e que me apoiaram para chegar até aqui. Espero que vocês saibam o quanto são importantes pra mim.

RESUMO

A melhoria no planejamento de operações é uma das preocupações constantes das refinarias de petróleo, e a gestão eficiente dos estoques em parques de tancagem é um ponto fundamental nesse contexto. No entanto, são poucos os trabalhos que tratam especificamente deste assunto e as ferramentas de simulação existentes são caras e não refletem a realidade de muitas refinarias. A gestão ineficiente ou o dimensionamento inadequado dos parques de tancagem, por sua vez, podem gerar uma série de prejuízos. Um parque superdimensionado gera custos de gestão e manutenção, além dos custos do estoque. Um parque subdimensionado pode gerar perdas devido a desabastecimentos e degradação de produtos, entre outros. Às situações em que o subdimensionamento gera impactos na produção, com ou sem perdas financeiras, dá-se a denominação de stress em parques de tancagem. Esse trabalho descreve a implantação de uma ferramenta que possibilita a quantificação do stress em parques de tancagem. Essa quantificação é feita com o apoio de uma heurística baseada em dados relativos às movimentações, manutenções e níveis de estoque dos tanques. Também descreve a forma de cálculo de cinquenta e nove variáveis relacionadas às movimentações dos tanques. A influência que essas variáveis têm na formação de situações de stress foi analisada através do uso de redes neurais artificiais. Essa influência foi quantificada em cinco diferentes cenários, considerando-se a existência ou não de um ciclo de certificação de produto e a natureza das variáveis analisadas. Como resultado, identifica-se que as variáveis relacionadas ao tempo de esvaziamento, tempo de tanque parado em nível baixo e tempo de enchimento são as prevalentes na criação de situações de stress em parques de tancagem no contexto analisado. Também são mapeados e formalizados os fluxos dos algoritmos para determinação das etapas do ciclo de um tanque, e é definida uma fórmula para a determinação do nível de stress em um parque de tancagem em um determinado período de tempo.

Palavras-chave: Stress. Parque de tancagem. Gestão de estoques. Indústria petroquímica. Rede neural artificial (RNA). Heurística.

ABSTRACT

The improvement in operations planning is a constant concern of oil refineries, and the efficient management of inventories in tank farm sites is a key point in this context. However, there are few studies that deal specifically with this issue and existing simulation tools are expensive and do not reflect the reality of many refineries. The inefficient management or improper sizing of tank farm sites, in turn, can generate significant financial losses. An oversized tank farm generates management and maintenance costs, in addition to inventory costs. An undersized tank farm can generate losses due to shortages and degradation of products, among others. The situations in which the undersizing generates impact in operations, with or without financial losses, is defined as stress in tank farm sites. The present study describes the implementation of a tool that allows the quantification of stress in tank farm sites. This measurement is made using a heuristic based on data on the inventory movimentation, maintenance status and inventory levels of the tanks. It also describes the calculation method of fifty-nine variables related to the movimentation of inventory. The influence of these variables on the formation of stress situations was analyzed using artificial neural networks. This influence was quantified in five different scenarios, considering whether or not a product certification cycle and the nature of the variables. As a result, it is identified that the variables related to emptying time, tank downtime at low level and fill time are prevalent in creating stressful situations in tank farm sites in the analyzed context. They are also mapped and formalized flows of algorithms to determine the stages of a tank cycle, and is defined a formula for determining the stress level in a tankage park at a given time.

Palavras-chave: Stress. Tank farm. Inventory management. Petrochemical industry. Artificial neural network (ANN). Heuristic.

Lista de Figuras

Figura 1 - Volume de petróleo refinado e capacidade de refino, por refinaria, 2013	16
Figura 2 - Procedimentos adotados para pesquisa de trabalhos similares.	27
Figura 3 - Agentes econômicos na Cadeia de combustíveis líquidos	46
Figura 4 - Processo de refino de uma refinaria qualquer	50
Figura 5 - Processo de destilação, armazenamento e envio.....	51
Figura 6 - Cadeia do petróleo	54
Figura 7 - Sistema de óleo cru de uma refinaria.....	55
Figura 8 - Projeção da produção de derivados de petróleo no brasil, para o período de 2013 a 2020.....	58
Figura 9 - Etapas do ciclo de um tanque	61
Figura 10 - Exemplo de neurônio artificial	65
Figura 11 - Exemplo de rede neural artificial com três camadas.....	66
Figura 12 - Tipos de Artefatos.....	73
Figura 13 - Esquema para condução da <i>Design Science Research</i>	74
Figura 14 - Instruções gerais para a Condução/Avaliação da <i>Design Science Research</i>	79
Figura 15 - Comparativo entre a <i>Design Science Research</i> , o Estudo de Caso e a Pesquisa-Ação	80
Figura 16 - Estrutura do Método de Trabalho	81
Figura 17 - Parques e tanques analisados	88
Figura 18 – Cenários utilizados no estudo.....	120
Figura 19 - Cenários e variáveis utilizados na análise.....	122
Figura 20 - Visão geral dos algoritmos da ferramenta desenvolvida.....	125
Figura 21 - Tela de acesso à aplicação desenvolvida para esse trabalho.....	185
Figura 22 - Tela de administração da aplicação	186
Figura 23 - Tela de visualização dos tanques cadastrados na aplicação.....	187
Figura 24 - Tela de visualização de informações de um tanque	187
Figura 25 - Tela de importação de dados de movimentação de um tanque	188
Figura 26 - Diagrama entidade relacionamento da análise de stress e dos cálculos de variáveis	195
Figura 27 - Diagrama entidade relacionamento da identificação dos "Ts".....	196
Figura 28 - Algoritmo de cálculo do T0 e T6 - Parte 1	197
Figura 29 - Algoritmo de Cálculo do T0 e T6 - Parte 2.....	198
Figura 30 - Algoritmo de cálculo do T1	199
Figura 31 - Algoritmo do cálculo do T7.....	200
Figura 32 - Algoritmo de cálculo do T4.....	201
Figura 33 - Algoritmo para Cálculo do T5.....	202
Figura 34 - Algoritmo para qualificação do T1 e do T6.....	203
Figura 35 - Algoritmo de interpolação de valores	204
Figura 36 - Algoritmo de análise de status de operação - parte 1.....	205
Figura 37 - Algoritmo de análise de status de operação - Parte 2.....	206

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Relação entre Valor Previsto (Estimado) e Valor Real (Desejado) da variável de saída ..	149
Gráfico 2 - Gráfico de Resíduos da Variável de Saída.....	150
Gráfico 3- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 1	153
Gráfico 4 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 1	153
Gráfico 5 - Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 2	154
Gráfico 6 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 2	155
Gráfico 7 - Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 3	156
Gráfico 8 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 3	157
Gráfico 9- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 4	158
Gráfico 10 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 4	158
Gráfico 11- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 5	161
Gráfico 12 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 5	162

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pontos críticos para evolução do mercado de combustíveis e derivados e garantia do abastecimento	17
Quadro 2 - Fontes de informação pesquisadas	30
Quadro 3 - Palavras-chave utilizadas nas buscas	30
Quadro 4 - Fontes de Informação e resultados encontrados.....	31
Quadro 5 - Periódicos Internacionais Pesquisados.....	31
Quadro 6 - Síntese dos trabalhos analisados	32
Quadro 7 – Comparação entre características de Processo/Fluxo e Batelada/Mistura.....	49
Quadro 8 - Análise de métodos quantitativos.....	63
Quadro 9 - Pontos fortes das redes neurais.....	67
Quadro 10 - Procedimentos Técnicos de Pesquisa.....	70
Quadro 11 - Síntese do Delineamento da Pesquisa	80
Quadro 12 - Formato original das informações de movimentação de um tanque.....	89
Quadro 13 - Formato original das informações de níveis de estoque de um tanque.....	89
Quadro 14 - Formato original das informações de situação operacional de um tanque.....	91
Quadro 15 - Formato da planilha consolidada com as informações discretizadas.....	94
Quadro 16 - Planilha consolidada com marcação de ciclo de tanques.....	97
Quadro 17 - Fórmulas de cálculo das variáveis analisadas neste estudo.....	98
Quadro 18 - Método de cálculo utilizado na consolidação das variáveis.....	112
Quadro 19 - Percentual de stress semanal	113
Quadro 20 - Exemplo de fórmula para determinação do nível de stress.....	114
Quadro 21 - Forma de consolidação dos das médias das variáveis e níveis de stress.....	114
Quadro 22 - Categorias das Variáveis Independentes	116
Quadro 23 - Resumo da divisão das variáveis entre os cenários.....	121
Quadro 24 - Planilha consolidada com as informações reais replicadas.....	131
Quadro 25 - Planilha consolidada com as informações interpoladas	132
Quadro 26 - Informações utilizadas no cálculo do stress de um parque de tancagem	133
Quadro 27 - Parâmetros para definição de stress	134
Quadro 28 - Parâmetros para definição de status de tanque livre ou ocupado.....	134
Quadro 29 - Exemplo de resultado de uma análise de stress	136
Quadro 30 - Configurações do ambiente de desenvolvimento da aplicação.....	138
Quadro 31 - Controle do processo de validação dos dados.....	142

Quadro 32 - Cenários criados para o a análise dos dados	143
Quadro 33 – Resumo dos processamentos das Redes Neurais Artificiais	144
Quadro 34 - Informações da Rede Neural Artificial	146
Quadro 35 - Erros Médios Quadrados e Relativos da Rede Neural Artificial	147
Quadro 36 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 1	152
Quadro 37 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 2	154
Quadro 38 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 3	155
Quadro 39 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 4	157
Quadro 40 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 5	159
Quadro 41 - Importância da categoria das variáveis nos cenários 1 a 4.....	162
Quadro 42 - Importância da categoria das variáveis no Cenário 5.....	163
Quadro 43 – Média Harmônica da importância da categoria das variáveis no Cenário 5	164
Quadro 44 - Importância da categoria das variáveis em cada cenário	165
Quadro 45 - Média harmônica da importância das categorias de variáveis considerando todos os cenários	166
Quadro 46 - Categorias, variáveis e médias harmônicas da importância das categorias de variáveis considerando todos os cenários.....	167
Quadro 47 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 1	189
Quadro 48 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 2	190
Quadro 49 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 3	191
Quadro 50 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 4	192
Quadro 51 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 5	193
Quadro 52 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 1	207
Quadro 53 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 2	208
Quadro 54 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 3	209
Quadro 55 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 4	210
Quadro 56 - Estatísticas descritivas do Cenário 5 (todas as variáveis)	211
Quadro 57- Estatísticas descritivas dos valores reais e dos valores estimados da variável PStress	213

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade de refino brasileira em 31/12/2013	15
Tabela 2 - Classificação de fatores de incerteza.....	40

SUMÁRIO

1	Introdução	15
1.1	Objeto e problema de pesquisa	22
1.2	Objetivos	26
1.2.1	Objetivo Geral	26
1.2.2	Objetivos Específicos	27
1.3	Justificativa	27
1.4	Estrutura da dissertação	43
2	Referencial Teórico.....	45
2.1	Processos contínuos e semicontínuos	45
2.2	Gestão e capacidade de parques de tancagem.....	53
2.2.1	A cadeia do petróleo	53
2.2.2	Dimensionamento de parques de tancagem.....	55
2.2.3	Gestão de Parques de Tancagem	57
2.3	Redes Neurais Artificiais	63
3	Método da pesquisa	69
3.1	Delineamento da pesquisa	69
3.2	Método de trabalho	81
3.2.1	Conscientização	82
3.2.2	Sugestão	83
3.2.3	Desenvolvimento	83
3.2.4	Avaliação	86
3.2.5	Conclusão	87
3.3	Coleta e tratamento de dados	87
3.4	Análise dos dados	114
3.5	Delimitação.....	123
4	Desenvolvimento da ferramenta computacional.....	125

4.1	Algoritmo de identificação dos “ts”.....	125
4.1.1	Identificação do T0 e do T6.....	127
4.1.2	Identificação do T1.....	128
4.1.3	Identificação do T7.....	129
4.1.4	Identificação do T4.....	129
4.1.5	Identificação do T5.....	129
4.1.6	Qualificação do T1 e do T6.....	130
4.1.7	Interpolação de Valores.....	131
4.1.8	Análise dos Status do Tanque.....	132
4.2	Identificação das situações de Stress em Parques de Tancagem.....	133
4.3	Cálculo das variáveis descritivas do comportamento do parque de tancagem.....	137
4.4	Lógica geral da ferramenta.....	137
4.5	mecanismo de validação.....	140
5	Apresentação dos resultados.....	143
5.1	Avaliação dos cenários pelas redes neurais artificiais.....	143
5.2	Identificação das variáveis prevalentes.....	151
6	Conclusão.....	170
7	Referências.....	176
8	APÊNDICE A – Interfaces da ferramenta desenvolvida.....	185
8.1	Tela de acesso à aplicação.....	185
8.2	Tela de administração da aplicação.....	185
8.3	Tela de visualização dos tanques.....	186
8.4	Tela de visualização de informações de um tanque.....	187
8.5	Tela de importação de informações de movimentação de um tanque.....	188
9	APÊNDICE B – Parâmetros de estimativa das redes neurais artificiais.....	189
9.1	Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 1.....	189
9.2	Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 2.....	190
9.3	Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 3.....	191

9.4	Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 4.....	192
9.5	Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 5.....	193
10	APENDICE C – Modelo do banco de dados da aplicação.....	195
10.1	Diagrama Entidade Relacionamento da Análise de stress e dos cálculos de variáveis.....	195
10.2	Diagrama Entidade Relacionamento da Análise de stress e dos cálculos de variáveis.....	196
11	APENDICE D – Algoritmos para cálculos do ciclo de tanque.....	197
11.1	Cálculo do T0 e do T6 – Parte 1.....	197
11.2	Cálculo do T0 e do T6 – Parte 2.....	198
11.3	Cálculo do T1.....	199
11.4	Cálculo do T7.....	200
11.5	Cálculo do T4.....	201
11.6	Cálculo do T5.....	202
11.7	Algoritmo de Qualificação do T1 e do T6.....	203
11.8	Algoritmo de Interpolação de valores.....	204
11.9	Algoritmo de análise de status de operação – Parte 1.....	205
11.10	Algoritmo de análise de status de operação – Parte 2.....	206
12	APÊNDICE E – Estatísticas descritivas das variáveis.....	207
12.1	Estatísticas descritivas do Cenário 1.....	207
12.2	Estatísticas descritivas do Cenário 2.....	208
12.3	Estatísticas descritivas do Cenário 3.....	209
12.4	Estatísticas descritivas do Cenário 4.....	210
12.5	Estatísticas descritivas do Cenário 5.....	211
12.6	Estatísticas descritivas da variável PStress.....	213

1 INTRODUÇÃO

O Brasil passa por crescentes dificuldades em garantir o abastecimento de derivados de petróleo em território nacional, sendo que uma parte significativa destas dificuldades tem origem em fatores relacionados à evolução do comportamento da demanda dos combustíveis no país (ANP, 2013). Conforme apresentado na Tabela 1, o Brasil conta com dezesseis refinarias ativas.

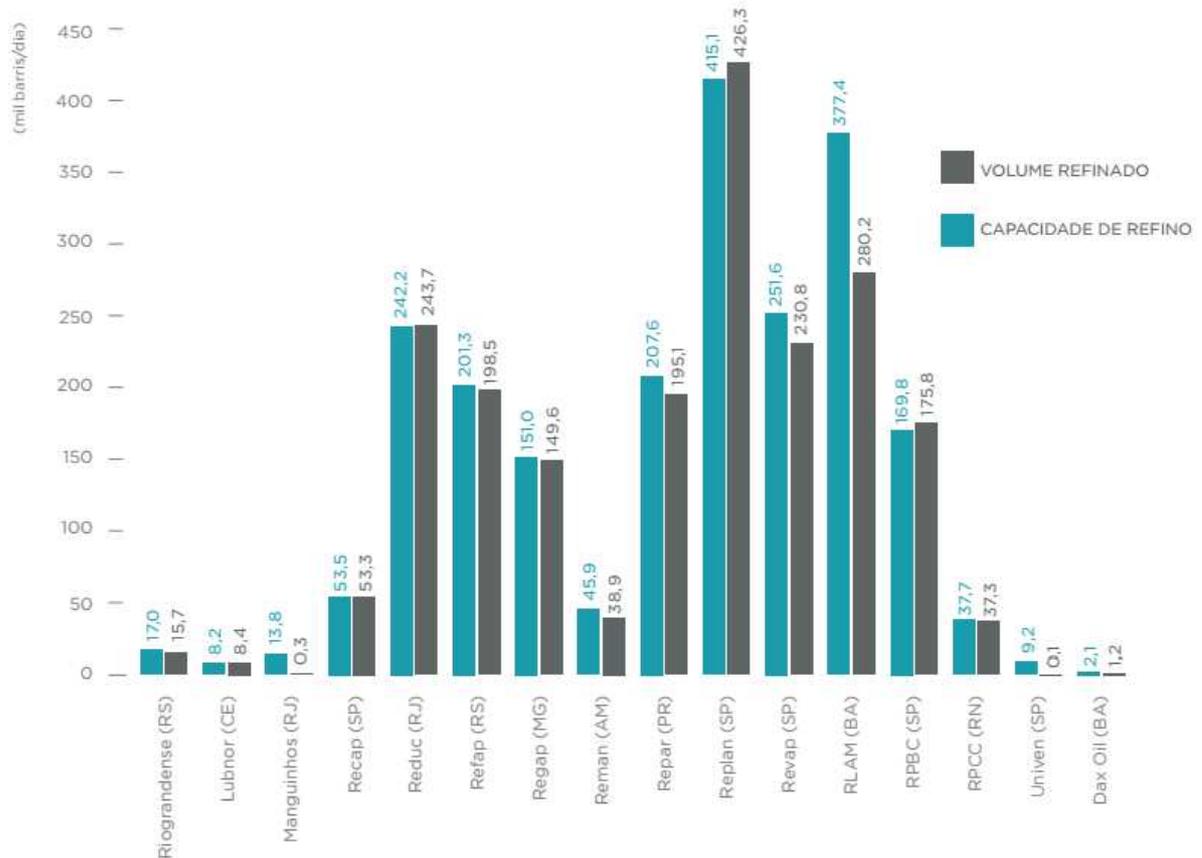
Tabela 1 - Capacidade de refino brasileira em 31/12/2013

Sigla	Refinaria	Município	UF	Início de operação	Capacidade Nominal barril/dia
Replan	Refinaria de Paulínia	Paulínia	SP	1972	415.128
RLAM	Refinaria Landulpho Alves	São Francisco do Conde	BA	1950	377.389
Revap	Refinaria Henrique Lage	São José dos Campos	SP	1980	251.593
Reduc	Refinaria Duque de Caxias	Duque de Caxias	RJ	1961	242.158
Repar	Refinaria Presidente Getúlio Vargas	Araucária	PR	1977	207.564
Refap	Refinaria Alberto Pasqualini S.A.	Canoas	RS	1968	201.274
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes	Cubatão	SP	1955	169.825
Regap	Refinaria Gabriel Passos	Betim	MG	1968	150.956
Recap	Refinaria de Capuava	Mauá	SP	1954	53.463
Reman	Refinaria Isaac Sabbá	Manaus	AM	1956	45.916
RPCC	Refinaria Potiguar Clara Camarão	Guamaré	RN	2000	37.739
Riograndense	Refinaria de Petróleo Riograndense S.A.	Rio Grande	RS	1937	17.014
Manguinhos	Refinaria de Petróleos de Manguinhos S.A.	Rio de Janeiro	RJ	1954	13.838
Univen	Univen Refinaria de Petróleo Ltda.	Itupeva	SP	2007	9.158
Lubnor	Lubrificantes e Derivados de Petróleo do Nordeste	Fortaleza	CE	1966	8.177
Dax Oil	Dax Oil Refino S.A.	Camaçari	BA	2008	2.095
TOTAL					2.203.287

Fonte: (ANP, 2015)

Como o Brasil encontra-se na condição de exportador líquido de petróleo desde 2008, pode-se inferir que o gargalo para a expansão da produção de derivados encontra-se na capacidade de refino instalada (ANP, 2013). Muitas das refinarias terminaram o ano de 2013 operando em seu limite máximo de capacidade, conforme indica a Figura 1.

Figura 1 - Volume de petróleo refinado e capacidade de refino, por refinaria, 2013



Fonte: ANP (2015, p. 101)

Ainda assim, o volume de derivados de petróleo importado em 2013 superou o de 2012 em 12,7%, gerando um aumento de gastos com importação de US\$ 19,6 bilhões (ANP, 2015). Desse volume, as maiores importações foram de óleo diesel, gasolina A e GLP, que corresponderam, respectivamente a 33,6%, 10,9% e 9,4% da importação total (ANP, 2015).

O Quadro 1 resume os principais pontos críticos para a evolução do mercado de combustíveis e derivados e para a garantia do abastecimento, segundo a ANP (2013). Entre eles está a necessidade de importação de combustíveis, que gera pressão na capacidade de armazenamento dos terminais. A capacidade de refino também preocupa, uma vez que seu

aumento não resolve o problema a curto prazo. E, mesmo em longo prazo, não se tem certeza se os projetos de aumento da capacidade serão, de fato, realizados.

Quadro 1 – Pontos críticos para evolução do mercado de combustíveis e derivados e garantia do abastecimento

Ponto Crítico	Descrição
Capacidade de Armazenamento	O gargalo na capacidade dos terminais é bastante relevante, especialmente devido ao aumento do volume de importação de diesel e gasolina, que passaram a competir por espaço.
Previsibilidade da Gasolina	A menor previsibilidade trazida pela popularização dos veículos de tecnologia flex-fuel coloca novos desafios para a capacidade de armazenamento e a eficiência na distribuição de gasolina, além dos efeitos negativos sobre a balança comercial.
Importação de NAFTA	A nafta, que sempre dependeu de importações, acentuou fortemente essa condição nos últimos anos, o que pode estar relacionado com o fato mais marcante de todo o período analisado, que é a reversão da condição do Brasil de exportador líquido para importador líquido de gasolina.
Produção de Etanol	O alívio no volume de importações de gasolina depende da recuperação da produção de etanol, bem como do direcionamento para o mercado interno dessa produção adicional. No momento, porém, há sinais econômicos apontando para o incentivo à exportação de etanol em 2013, mesmo em um cenário de reajustes dos preços da gasolina.

Ponto Crítico	Descrição
Logística do S10	O diesel, que responde individualmente pelo maior volume de importações, e também pelo maior déficit comercial, pode trazer complicações adicionais para a logística de abastecimento com a penetração do S10 no mercado, que requer ativos dedicados para armazenagem e transporte. Problemas de contaminação do novo diesel ao longo da cadeia, deixando-o fora das especificações estabelecidas pela ANP, poderão se revelar como fontes adicionais de estresse logístico para o abastecimento nacional
Capacidade de refino	As perspectivas de evolução da capacidade do parque de refino nacional não aliviam as pressões de curto prazo sobre a importação de derivados, e são dúvida mesmo em prazo mais longo, devido à indefinição sobre a realização de alguns projetos.
Eficiência energética	Investimentos em eficiência energética no setor de transportes, ainda que não sejam uma resposta para o aumento do consumo no curto prazo, são uma alternativa adicional para contrabalançar o crescimento da demanda.

Fonte: adaptado de ANP (2013)

Com o exposto, percebe-se que o país encontra-se em uma situação crítica em termos de atendimento e garantia da demanda, da qual a ampliação da capacidade do refino faz parte da solução. Além disso, também se faz necessária a melhoria das operações logísticas das refinarias como um todo e em especial nas operações de transferência e estocagem (BARBOSA et al., 2010).

Até recentemente, a Petrobras tinha em seus planos a construção das Refinarias Premium I e II (que estavam em avaliação), da Refinaria Abreu e Lima, em Pernambuco, e do COMPERJ no estado do Rio de Janeiro. Todas elas tinham previsão para entrar em

funcionamento até 2017, e exigiriam um aumento do parque de tanques de refino em pelo menos trezentos novos tanques (BARBOSA et al., 2010).

Entretanto, a “Operação Lava-Jato”, deflagrada pela Polícia Federal em 17 de março de 2014 para investigar denúncias de corrupção em contratos firmados entre empreiteiras e a Petrobras, causou significativo impacto nos planos de expansão da empresa. Conforme publicado pelo jornal “O Globo”, em 01/02/2015, a Petrobras cancelou a construção das refinarias Premium I (no Maranhão) e II (Ceará), suspendeu a segunda unidade da Refinaria Abreu e Lima, em Pernambuco, que estava com 91% das obras concluídas, e reduziu os investimentos no COMPERJ (ROSA; ORDONES, 2015).

Esses cancelamentos e adiamentos ocorreram em um momento em que a demanda por combustíveis seguia forte. Com isso, previu-se, para 2015, um aumento de 25,5% nas importações de diesel. Também foi previsto o aumento das importações de outros combustíveis, tais como gasolina, nafta petroquímica e querosene de aviação (ROSA; ORDONES, 2015).

Porém, com a retração da economia, o consumo de combustíveis tem apresentado queda frente ao ano de 2014. Além disso, a otimização da operação das refinarias nacionais, bem como o aumento da competitividade do etanol hidratado colaboraram para a diminuição das importações neste ano (EXAME, 2015). Mesmo assim, ainda se faz necessária a importação de combustíveis para atender à demanda nacional. Ou seja, apesar da atual redução da demanda e do corte de investimentos em novas refinarias, ainda se justifica o investimento no aumento da capacidade de refino e na construção de novos tanques.

Na indústria petroquímica, utilizam-se tanques de superfície, de diversos tamanhos (GLASS; WARD, 2010). Esses tanques costumam ficar agrupados em conjuntos, denominados parques de tanques de armazenamento, ou parques de tancagem. Os parques de tancagem são unidades operacionais dedicadas ao armazenamento de petróleo e composição/armazenamento dos derivados de petróleo.

Cada tanque construído, entretanto, demanda ações voltadas para sua gestão e manutenção, o que contribui para o aumento da complexidade e dos custos operacionais. É preciso considerar, também, a necessidade de gestão dos estoques e os custos financeiros e de

oportunidade envolvidos (CANNON, 2008). Ou seja, os custos de um parque de tancagem não estão limitados apenas aos gastos com sua construção.

Por outro lado, os parques de tancagem servem como proteção contra eventos como: variabilidade do processo produtivo, descontinuidade e variabilidade na demanda dos produtos finais, descontinuidade e variabilidade na chegada de matéria prima, e necessidade de homogeneização e testes de qualidade dos produtos. Desse modo, uma refinaria com menor capacidade de tancagem está mais vulnerável a esses tipos de problema. Esses problemas, por sua vez, também exigem ações de gestão e têm consequências econômicas.

Assim sendo, tem-se um conflito de escolha quanto ao dimensionamento da tancagem em refinarias: sub ou superdimensionamento da capacidade de estocagem. No caso de superdimensionamento, têm-se os custos de manutenção do estoque e a complexidade da gestão da operação.

No caso de subdimensionamento, geram-se dificuldades operacionais e pressão pelo aumento da capacidade do parque de tancagem. Nesse caso, além do risco de desabastecimento, podem-se gerar outras situações indesejáveis, tais como: redução no nível de serviço, degradação de produtos (*give away*), remontagem de tanque (perdendo a certificação do produto), redução no ritmo de produção, e alterações na programação da produção.

Nessas situações, é jargão comum da área dizer que o parque de tancagem encontra-se estressado. Assim, pode-se definir como stress em parque de tancagem as situações onde a falta de espaço de armazenamento em um determinado período de tempo gera impactos na programação de produção, no volume produzido, nas atividades operacionais, nas negociações comerciais ou nos níveis de serviço, com ou sem geração de prejuízos financeiros.

O dimensionamento dessas ampliações e a gestão dos parques de tancagem atuais, portanto, precisam ser feitas considerando fatores operacionais e econômicos, de modo a resultar em um modelo de negócio que gere retornos financeiros atrativos. As ferramentas comerciais disponíveis para planejamento de produção tais como o RPMS (Refinery and Petrochemical Modeling System) e o PIMS (Process Industry Modeling System), entretanto,

são poucas e não permitem uma representação precisa das particularidades de cada planta (PINTO; MORO, 2000). Por isso, as refinarias estão desenvolvendo ferramentas próprias baseadas fortemente na simulação para obter informações essenciais sobre seus sistemas de operação (MORO et al., 1998).

Ferramentas de simulação, por sua vez, necessitam de uma série de informações que não costumam estar imediatamente disponíveis ou que estão diluídas nos bancos de dados de cada empresa. Com isso, o tempo necessário para a coleta dos dados, construção do modelo e dos cenários pode inviabilizar a sua utilização (BARBOSA et al., 2010). Se este cenário pode ser inviável para a aplicação em uma única refinaria, o problema torna-se ainda mais complexo se considerando-se o contexto de uma companhia petrolífera com diversas refinarias geograficamente distantes, cada uma com diversos parques de tanques e solicitando recursos para suas operações.

Usualmente, os recursos financeiros disponíveis são inferiores à demanda das refinarias. Assim, a Alta Direção precisa de dados e indicadores relativos a todas as refinarias sob sua direção para embasar a tomada de decisão relativa às ações de gestão e à distribuição de investimentos.

Entretanto, realizar trabalhos de simulação em todas as unidades sob sua gestão para tomada de decisão sob a proporção de recursos a serem distribuídos para cada unidade seria uma ação que poderia levar anos. Além disso, os custos elevados desse tipo de projeto consomem parte dos recursos em análise para distribuição. Considerando-se essas questões, percebe-se a importância da geração de indicadores relevantes, que possam ser obtidos num curto espaço de tempo, com baixo investimento e que possam ser usados para a análise comparativa da situação operacional das várias unidades.

Assim, o tema do presente estudo está centralizado na compreensão das variáveis que influenciam a utilização eficiente ou a necessidade de ampliação dos parques de tanques já existentes. Ou, também, que devam ser consideradas no dimensionamento de novos parques de tancagem e na distribuição de recursos entre as refinarias.

A próxima seção apresentará o objeto e o problema de pesquisa desse estudo. Tal apresentação tem por objetivo o entendimento da lacuna teórica no qual esse trabalho está inserido. Também serão apresentados os resultados esperados desta pesquisa.

1.1 OBJETO E PROBLEMA DE PESQUISA

Em outubro de 2011, a equipe do Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (GMAP | UNISINOS), concluiu um projeto realizado em conjunto com uma empresa da área petroquímica. Essa empresa, por questões de confidencialidade, será a partir de agora denominada Empresa X.

A Empresa X possui uma área de Abastecimento que é responsável por todos os aspectos relativos ao armazenamento e distribuição de produtos da empresa. Essa área é responsável pela alocação de recursos para a melhoria ou ampliação dos parques de tancagem de todas as unidades da empresa no país. Assim, recebe, constantemente, demandas de todas as unidades solicitando recursos para realização de melhorias e ampliações. Essa área precisa, então, decidir como direcionar os recursos, que são finitos, entre os solicitantes. O desafio, então, é como distribuir os recursos de modo que as unidades que tem maior necessidade e ofereçam melhores retornos no investimento sejam as contempladas.

Para gerenciar e alocar recursos para melhorias nos parques de tancagem, a Empresa X utiliza uma ferramenta desenvolvida pela empresa especificamente para este fim. Por questões de confidencialidade, a ferramenta será aqui denominada de Ferramenta Y. A Ferramenta Y permite a simulação do dimensionamento de um parque por meio do fornecimento de informações que definam o cenário a ser simulado. A Ferramenta Y também utiliza os padrões de nomenclatura de estado dos tanques definidos por Barbosa et al. (2010). Como resultado, ela fornece o número de tanques necessários e uma representação gráfica da ocupação dos tanques ao longo do período simulado. A ferramenta, entretanto, possui uma série de limitações que precisam ser consideradas. Primeiramente, a Ferramenta Y não considera a variabilidade dos dados de entrada, nem o efeito das variabilidades combinadas. Além disso, considera que todos os tanques do parque possuem a mesma capacidade, o que não reflete a realidade de diversas refinarias. Outra limitação é que a Ferramenta Y tem como premissa, no início da simulação, que devem haver pelo menos dois tanques, um cheio e preparado para envio e outro vazio e liberado para o recebimento. Essa situação não

necessariamente se reflete na realidade sendo estudada e, assim, pode indicar a necessidade de um tanque adicional ao mínimo necessário. Finalmente, os resultados da Ferramenta Y precisam de uma análise subjetiva dos usuários, que podem optar por uma decisão mais conservadora ou de maior risco, dependendo do nível de criticidade. Além dessas limitações, a Ferramenta Y é determinística e não permite a comparação entre diferentes refinarias quanto ao nível de stress dos parques.

O projeto executado pelo GMAP | UNISINOS tinha por objetivo a definição de um método para a determinação do stress em parques de tancagem de refinarias a ser utilizado pela Empresa X. Buscou-se, no projeto, a definição de uma abordagem simplificada para a medição do grau de stress de tancagem que pudesse proporcionar elementos para a priorização de ações de melhoria e/ou ampliação em parques de tancagem das diversas refinarias sob a gestão da companhia.

O método de medição de stress de parques de tancagem, proposto pelo (GMAP | UNISINOS (2011) utiliza a definição de ciclo de taques de Barbosa et al. (2010). O método propõe uma série de procedimentos efetuados sobre um conjunto de dados extraídos do sistema de controle da Empresa X. A coleta é feita para um período de tempo de um produto específico (gasolina, diesel, petróleo, etc.), contemplando todos os tanques de um parque de tancagem utilizados para o produto nesse período. Os dados que devem ser coletados são: o nível de estoque dos tanques do parque a ser analisado (estoque); o registro das movimentações dos tanques do parque a ser analisado (movimentação); o registro das manutenções do parque de tanques a ser analisado (manutenção). Esses dados de estoque, movimentação e manutenção são obtidos em arquivos separados por tanque e, para que a análise possa ser realizada, precisam ser colocados em um único arquivo (planilha eletrônica) por tanque. Após, passam por uma série de procedimentos semi-automatizados que visam: organizar os dados nos arquivos, validar com a refinaria se as informações constantes nos arquivos são verídicas, eliminar informações incorretas, discretizar os dados de modo a gerar os intervalos “Ts” conforme Barbosa et al. (2010), extrair as variáveis necessárias para o cálculo do stress e, por fim, através de uma heurística, calcular o stress do parque em questão. Como resultado, o procedimento pode retornar quatro níveis possíveis de stress para o parque: não estressado (quando existe pelo menos um tanque livre no parque e o percentual de espaço disponível nos tanques no período fica entre 20% e 100%), baixo stress (quando existe um

tanque livre no parque e o percentual de espaço disponível nos tanques no período fica entre 5% e 20%), médio stress (quando o percentual de espaço disponível nos tanques livres no período fica entre 5% e 0%, e o espaço disponível total, entre 20% e 100%) e alto stress (quando não há tanques livres no parque e espaço disponível nos tanques no período está entre 0% e 20%). Esses critérios foram estabelecidos pelo Gerente de Distribuição Corporativo da Empresa X quando da realização do trabalho do GMAP | Unisinos.

O método proposto pelo GMAP | UNISINOS foi implementado em uma aplicação computacional na Empresa X em 2011, e vem sendo utilizado desde então. Entretanto, apesar de sua relevância e aplicabilidade na empresa, o método aborda apenas a quantificação do stress, e não avalia as causas ou eventuais consequências dessa situação. Desse modo, o método permite saber se o parque está em situação de stress ou se esteve sob uma situação de stress durante um determinado período de tempo, sem indicar fatores que a causaram ou os impactos operacionais ou financeiros causados. Entretanto, quais seriam os fatores a serem analisados para o entendimento dessas situações?

Durante o cálculo do stress do parque de tancagem, realizado através de um heurística, é possível inferir uma série de variáveis que não são utilizadas para a determinação do stress do parque, mas cuja análise poderia trazer oportunidades para entender a dinâmica de construção das situações de stress e suas consequências. Apesar de terem sido calculadas durante a execução do projeto do GMAP | UNISINOS, essas variáveis não foram analisadas naquele momento. Tem-se, assim, uma oportunidade de pesquisa dessa lacuna.

Não há, assim, qualquer conhecimento quanto a relação existente entre essas variáveis e se e como o comportamento de cada uma delas pode influenciar a formação de situações de stress. Esse desconhecimento resulta em uma série de problemas para a Empresa X. No nível operacional, os gestores de parques de tancagem precisam avaliar um grande número de parâmetros para a tomada de decisões cotidianas. Trata-se de um contexto complicado, em que se pode fazer relações de causa e efeito através de análises aprofundadas e baseadas em conhecimentos específicos, e que pode conter várias respostas certas uma mesma situação (SNOWDEN; BOONE, 2007). Entretanto, o desconhecimento das variáveis que influenciam as situações de stress e das suas influências resulta num cenário complexo, caracterizado pela emergência. Nele, as relações causa-efeito só podem ser descobertas de forma retrospectiva,

tornando impossível encontrar uma resposta certa antes do problema acontecer (SNOWDEN; BOONE, 2007). Ou seja, gera-se uma complexidade na gestão operacional que impossibilita a tomada de ações preventivas que possam evitar as situações de stress.

No nível estratégico, é preciso considerar a necessidade da Alta Direção de uma companhia petrolífera com várias unidades em operação simultânea, como no caso da Empresa X. Dada a realidade do mercado nacional, exposta durante este trabalho, existe uma série de refinarias operando em seu limite de capacidade e que, até o início do ano passado, estavam com perspectiva de ampliação. No caso dessas ampliações voltarem a ser discutidas, torna-se necessário avaliar, também, se a capacidade de tancagem dessas refinarias é capaz de suportar o aumento na produção. Dessa análise, podem existir situações em que mais de uma refinaria necessitará ampliar seus parques de tancagem. Entretanto, atualmente, as indústria petroquímica enfrenta baixas margens econômicas devido à competição intensiva, regulamentações ambientais restritivas e volatilidade da demanda (LI; HUI, 2007). Assim, a capacidade de investimento de uma companhia petrolífera é limitada e, provavelmente, a Alta Direção não conseguirá atender à solicitação de todas as unidades simultaneamente.

É preciso optar, então, pelas unidades onde a necessidade se apresenta de modo mais urgente. Porém, estudos de simulação são demorados e custosos, e a realização de estudos de simulação para todas as refinarias pode ser inviável. A avaliação do nível de stress dos parques de tancagem, todavia, pode ser realizada de modo rápido e com baixos custos. Assim, pode ser utilizada na compreensão do nível de stress de cada parque e servir como critério de comparação entre todos os parques cuja expansão esteja sendo avaliada. Os parques mais estressados, então, podem ser priorizados e analisados mais detalhadamente, inclusive com modelos e simulações.

Sem o conhecimento das variáveis que influenciam na formação de situações de stress, ignoram-se informações que poderiam ser consideradas nas simulações. Com isso, perde-se a oportunidade de realizar uma análise mais adequada à realidade e, assim, direcionar investimentos de forma correta. No caso de investimentos na otimização de um parque de tanques já existente, por exemplo, pode-se estar investindo na resolução de problemas sem que se tenham claras suas origens. Ou seja, pode-se estar atacando o efeito e não a causa.

Os trabalhos de pesquisa sobre planejamento de produção, entretanto, focam principalmente no desenvolvimento de modelos, com pouca atenção à interpretação e análise das soluções geradas por eles (LI & HUI, 2007). O uso de uma ferramenta de avaliação de stress de parque de tancagem poderia auxiliar essa análise. Para isso, poder-se-ia submeter os dados das simulações geradas com base nesses modelos a uma avaliação de stress. Isso permitiria validar o dimensionamento calculado e optar pela situação (de risco ou conservadora) que for considerada mais conveniente.

Trabalhos de pesquisa recentes relativos a incertezas no planejamento em refinarias dedicam maior atenção à análise de variáveis externas ao processo operacional, tais como preço e demanda (LEIRAS et al., 2011). Assim, segundo Leiras et al. (2011), há uma lacuna e uma oportunidade de pesquisa relativa a fatores internos, tais como as variáveis analisadas nesse estudo.

Em resumo, o nível de stress do parque de tancagem é apenas um indicador, ou um termômetro, da situação de subdimensionamento de tanques. Com isso, pode identificar a existência do problema, porém não contribui para o diagnóstico das causas.

A partir dessa consideração, surge a seguinte questão a ser tratada no problema de pesquisa deste estudo: quais as principais variáveis operacionais que influenciam a criação de situações de stress em parques de tancagem?

Essa seção apresentou o problema de pesquisa endereçado por este trabalho. Na próxima seção serão apresentados os objetivos deste estudo, ou seja, quais resultados são esperados quando da conclusão deste trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Essa seção tem por finalidade determinar o que se espera obter ao final deste estudo. Os objetivos foram definidos com base no que se discutiu na introdução e no problema de pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é propor um modelo para identificar quais variáveis operacionais têm maior prevalência para a ocorrência de situações de stress em parques de tancagem.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma ferramenta computacional que mensure o nível de stress em parques de tancagem;
- Aplicar a ferramenta desenvolvida em um banco de dados real para avaliação do funcionamento da ferramenta;
- Determinar as variáveis prevalentes das situações de stress.

1.3 JUSTIFICATIVA

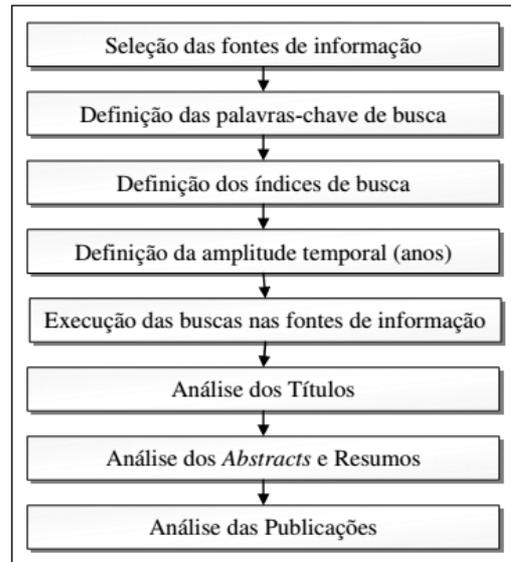
Do ponto de vista acadêmico, procura-se demonstrar a originalidade do trabalho, evidenciada pela ausência, na literatura analisada, de referências que abordem o problema de pesquisa deste trabalho. Buscando denotar essa originalidade e a importância do problema de pesquisa, foi realizada uma ampla e sistemática pesquisa na literatura. Os procedimentos adotados para a busca de trabalhos similares são baseados na sistemática proposta por Lacerda (2009), mostrada na Figura 2.

Na seleção das fontes de informação para realização das buscas, foram consideradas bases de dados de pesquisa e bases de dados de dissertações e teses, ambas nacionais e internacionais.

As palavras-chave para a realização das buscas foram padronizadas para garantir a consistência dos retornos das pesquisas nas diferentes bases. Utilizaram-se palavras-chave específicas para o assunto do trabalho mas, também, foram utilizadas palavras-chave de abrangência mais ampla. Esta amplitude maior de busca resultou em um esforço maior para avaliação dos resultados, porém ajudou a reforçar a originalidade do tema.

Quanto aos critérios utilizados nas buscas, optou-se pela pesquisa em todos os campos disponíveis para busca nas bases. Também não houve restrição quanto ao período histórico a ser examinado. Assim, pesquisou-se o acervo total de cada fonte de dados disponível.

Figura 2 - Procedimentos adotados para pesquisa de trabalhos similares.



Fonte : Lacerda (2009)

As pesquisas foram divididas em dois tipos de fontes. O primeiro tipo refere-se às bases de dados que consolidam periódicos científicos nacionais e internacionais. O segundo tipo refere-se às bases de dados que consolidam dissertações e teses nacionais e internacionais. O

Quadro 2 apresenta as fontes e suas categorias.

Quadro 2 - Fontes de informação pesquisadas

Categoria	Fonte de Informação
Bases de Informação de Periódicos Científicos	PROQUEST - Internacional EBSCO - Internacional Web Of Science - Internacional Science Direct - Internacional Scopus - Internacional SciELO - Nacional
Bases de Informação de Dissertações e Teses	Banco de Teses CAPES - Nacional PROQUEST (<i>Dissertations and Thesis</i>) – Internacional

Fonte: elaborado pelo autor.

As palavras-chave utilizadas são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Palavras-chave utilizadas nas buscas

Categoria	Palavras-chave e Operadores
Palavras-chave internacionais	tank farm AND inventory AND petroleum tank farm AND refinery operation AND petroleum tank farm AND management AND petroleum refinery production planning AND inventory AND petroleum
Palavras-chave nacionais	gerenciamento de capacidade AND refinaria de petróleo gerenciamento AND armazenamento AND refinaria petróleo parque de tancagem AND gerenciamento AND petróleo parque de tancagem AND inventário AND petróleo

Fonte: elaborado pelo autor.

Como resultado das buscas em cada uma das fontes de informação foram retornadas 13.216 (treze mil duzentas e dezesseis) entradas. São consideradas entradas quaisquer resultados das buscas por palavras-chave nas fontes de informação. Essas entradas foram, então, analisadas em um primeiro nível, através da leitura do título do trabalho e do meio no qual foi publicado.

Após essa análise inicial, os trabalhos cujos títulos indicavam que poderiam se enquadrar na temática foram analisados novamente, dessa vez através da análise dos resumos (*abstracts*). Nessa segunda etapa, foram analisados 241 (duzentos e quarenta e um) resumos (*abstracts*).

Passou-se, então, para um terceiro nível de análise, que envolveu a leitura e análise específica dos trabalhos considerados adequados na leitura dos resumos. Essa leitura totalizou 30 (trinta) trabalhos científicos. O Quadro 4 apresenta, por fonte de informação, o total geral

de resultados de busca (para as diferentes palavras-chave), o total de resumos (*abstracts*) analisados e o total de trabalhos lidos.

Quadro 4 - Fontes de Informação e resultados encontrados

Categories	Fontes de Informação	Entradas	Resumos	Trabalhos
Bases de Informação de Periódicos Científicos	PROQUEST - Internacional	39	7	1
	EBSCO - Internacional	10.870	109	8
	Web Of Science - Internacional	33	12	3
	Science Direct - Internacional	727	39	10
	Scopus - Internacional	367	59	8
	SciELO - Nacional	0	0	0
Subtotal		12.036	226	30
Bases de Informação de Dissertações e Teses	Banco de Teses CAPES - Nacional	1.141	12	0
	PROQUEST (Dissertations and Thesis) - Internacional	39	3	0
Subtotal		1.180	15	0
Total		13.216	241	30

Fonte: elaborado pelo autor.

Os trabalhos lidos estão listados no Quadro 6, e também foram armazenados e estão disponíveis para leitura.

Quadro 5 - Periódicos Internacionais Pesquisados

Periódico	Fator de Impacto em 2014
Chemical Engineering Science	2,386
Industrial And Engineering Chemistry Research	2,206
Computers And Chemical Engineering	2,091
International Journal Of Production Economics	2,081
Engineering Applications Of Artificial Intelligence	1,625
International Journal Of Production Research	1,460
Journal Of Loss Prevention In The Process Industries	1,150
Chemical Engineering Communications	1,052
Brazilian Journal Of Chemical Engineering	0,894
Optimization And Engineering	0,825
International Journal Of Oil, Gas And Coal Technology	0,209
Hydrocarbon Processing	0,085

Fonte: o autor (2014) baseado no *Journal Citation Report*

Os periódicos pesquisados estão listados no Quadro 5, no qual estão classificados segundo o JCR (*Journal Citation Report*), que classifica os periódicos através do JCI (*Journal*

Citation Index), que mede o fator de impacto dos artigos divulgados por um determinado periódico científico identificado.

Nesse momento busca-se argumentar sobre a contribuição deste trabalho sob o ponto de vista teórico-científico. Essa pesquisa tem por objetivo produzir conhecimento científico e avançar o conhecimento sobre a temática que será investigada.

Quadro 6 - Síntese dos trabalhos analisados

Título do Trabalho	Título do Periódico	Ano	Volume	Número
Economics of blend giveaway	Hydrocarbon Processing	1997	76	11
Petroleum product storage by competitive crude oil processors	Resources and Energy	1998	10	2
Reduce HC losses plant-wide--part 2	Hydrocarbon Processing	1999	78	9
A planning model for petroleum refineries	Brazilian Journal of Chemical Engineering	2000	17	4
Planning and scheduling models for refinery operations	Computers & Chemical Engineering	2000	24	9-10
An optimization model for refinery production scheduling	International Journal of Production Economics	2002	78	3
Integrating tank farm operations	Hydrocarbon Processing	2002	81	3
Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming	Brazilian Journal Of Chemical Engineering	2002	19	2
Tank farm management - Scheduling of product movements	Chemical Engineering and Technology	2002	25	2
A Mixed-Integer Optimization Strategy for Oil Supply in Distribution Complexes	Optimization and Engineering	2003	4	-
A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains	Computers & Chemical Engineering	2004	28	6-7
Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach	European Journal of Operational Research	2005	166	3
Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions	European Journal of Operational Research	2005	165	2
A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling	Computer Aided Chemical Engineering	2006	21	-
A study of storage tank accidents	Journal of Loss Prevention in the	2006	19	1

Título do Trabalho	Título do Periódico	Ano	Volume	Número
Economics of blend giveaway	Hydrocarbon Processing	1997	76	11
Petroleum product storage by competitive crude oil processors	Resources and Energy	1998	10	2
Reduce HC losses plant-wide--part 2	Hydrocarbon Processing	1999	78	9
A planning model for petroleum refineries	Brazilian Journal of Chemical Engineering	2000	17	4
Planning and scheduling models for refinery operations	Computers & Chemical Engineering	2000	24	9-10
An optimization model for refinery production scheduling	International Journal of Production Economics	2002	78	3
Integrating tank farm operations	Hydrocarbon Processing	2002	81	3
Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming	Brazilian Journal Of Chemical Engineering	2002	19	2
Tank farm management - Scheduling of product movements	Chemical Engineering and Technology	2002	25	2
A Mixed-Integer Optimization Strategy for Oil Supply in Distribution Complexes	Optimization and Engineering	2003	4	-
A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains	Computers & Chemical Engineering	2004	28	6-7
Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach	European Journal of Operational Research	2005	166	3
Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions	European Journal of Operational Research	2005	165	2
A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling	Computer Aided Chemical Engineering	2006	21	-
	Process Industries			
Financial risk management in the planning of refinery operations	International Journal Of Production Economics	2006	103	1
Applying Marginal Value Analysis In Refinery Planning	Chemical Engineering Communications	2007	194	7
Reactive scheduling framework for a multiproduct pipeline with inventory management	Industrial and Engineering Chemistry Research	2007	46	17
Application of a mathematic programming model for integrated planning and scheduling of petroleum supply networks	Industrial & Engineering Chemistry Research	2008	47	6

Título do Trabalho	Título do Periódico	Ano	Volume	Número
Economics of blend giveaway	Hydrocarbon Processing	1997	76	11
Petroleum product storage by competitive crude oil processors	Resources and Energy	1998	10	2
Reduce HC losses plant-wide--part 2	Hydrocarbon Processing	1999	78	9
A planning model for petroleum refineries	Brazilian Journal of Chemical Engineering	2000	17	4
Planning and scheduling models for refinery operations	Computers & Chemical Engineering	2000	24	9-10
An optimization model for refinery production scheduling	International Journal of Production Economics	2002	78	3
Integrating tank farm operations	Hydrocarbon Processing	2002	81	3
Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming	Brazilian Journal Of Chemical Engineering	2002	19	2
Tank farm management - Scheduling of product movements	Chemical Engineering and Technology	2002	25	2
A Mixed-Integer Optimization Strategy for Oil Supply in Distribution Complexes	Optimization and Engineering	2003	4	-
A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains	Computers & Chemical Engineering	2004	28	6-7
Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach	European Journal of Operational Research	2005	166	3
Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions	European Journal of Operational Research	2005	165	2
A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling	Computer Aided Chemical Engineering	2006	21	-
Inventory improvement and financial performance	International Journal of Production Economics	2008	115	2
Heuristic batch sequencing on a multiproduct oil distribution system	Computers and Chemical Engineering	2009	33	3
New approach for scheduling crude oil operations	Chemical Engineering Science	2009	64	5
Optimal network design and storage management in petroleum distribution network under uncertainty	Engineering Applications of Artificial Intelligence	2009	22	4-5
A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials	International Journal of Production Research	2010	48	16

Título do Trabalho	Título do Periódico	Ano	Volume	Número
Economics of blend giveaway	Hydrocarbon Processing	1997	76	11
Petroleum product storage by competitive crude oil processors	Resources and Energy	1998	10	2
Reduce HC losses plant-wide--part 2	Hydrocarbon Processing	1999	78	9
A planning model for petroleum refineries	Brazilian Journal of Chemical Engineering	2000	17	4
Planning and scheduling models for refinery operations	Computers & Chemical Engineering	2000	24	9-10
An optimization model for refinery production scheduling	International Journal of Production Economics	2002	78	3
Integrating tank farm operations	Hydrocarbon Processing	2002	81	3
Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming	Brazilian Journal Of Chemical Engineering	2002	19	2
Tank farm management - Scheduling of product movements	Chemical Engineering and Technology	2002	25	2
A Mixed-Integer Optimization Strategy for Oil Supply in Distribution Complexes	Optimization and Engineering	2003	4	-
A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains	Computers & Chemical Engineering	2004	28	6-7
Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach	European Journal of Operational Research	2005	166	3
Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions	European Journal of Operational Research	2005	165	2
A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling and demand.	Computer Aided Chemical Engineering	2006	21	-
Dynamic planned safety stocks in supply networks.	International Journal of Production Research	2010	48	22
Inventory Management MILP Modeling for Tank Farm Systems	Computer Aided Chemical Engineering	2010	28	-
Monitoring Above- Ground Storage Tanks	National Petroleum News	2010	102	5
Literature review of oil refineries planning under uncertainty	International Journal of Oil, Gas and Coal Technology	2011	4	2
The influence of maintenance on the life cycle of above-ground storage tanks.	Insight: Non-Destructive Testing & Condition	2012	54	6

Título do Trabalho	Título do Periódico	Ano	Volume	Número
Economics of blend giveaway	Hydrocarbon Processing	1997	76	11
Petroleum product storage by competitive crude oil processors	Resources and Energy	1998	10	2
Reduce HC losses plant-wide--part 2	Hydrocarbon Processing	1999	78	9
A planning model for petroleum refineries	Brazilian Journal of Chemical Engineering	2000	17	4
Planning and scheduling models for refinery operations	Computers & Chemical Engineering	2000	24	9-10
An optimization model for refinery production scheduling	International Journal of Production Economics	2002	78	3
Integrating tank farm operations	Hydrocarbon Processing	2002	81	3
Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming	Brazilian Journal Of Chemical Engineering	2002	19	2
Tank farm management - Scheduling of product movements	Chemical Engineering and Technology	2002	25	2
A Mixed-Integer Optimization Strategy for Oil Supply in Distribution Complexes	Optimization and Engineering	2003	4	-
A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains	Computers & Chemical Engineering	2004	28	6-7
Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach	European Journal of Operational Research	2005	166	3
Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions	European Journal of Operational Research	2005	165	2
A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling	Computer Aided Chemical Engineering	2006	21	-
	Monitoring			
A heuristic batch sequencing for multiproduct pipelines	Computers and Chemical Engineering	2013	56	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Em uma revisão bibliográfica sobre planejamento de refinarias em situações de incerteza, Leiras et al. (2011) analisaram quarenta estudos sobre o assunto. Os trabalhos analisados foram classificados quanto ao segmento da cadeia de petróleo (*upstream, midstream ou downstream*), nível de planejamento (estratégico, tático ou operacional), tipo de problema (programação linear, programação não-linear, programação linear inteira mista,

programação não-linear inteira mista), se eram determinísticos ou estocásticos, e se representavam uma aplicação real ou não. Entre as conclusões do estudo, os autores destacam a falta de trabalhos relativos à integração entre os três níveis de planejamento e a complexidade das soluções utilizando Programação Linear devido à complexidade computacional. Entre os trabalhos citados estão os estudos de Pinto et al. (2000a) e Joly et al. (2002), que são as primeiras contribuições abordando os diferentes níveis de planejamento. Dos estudos citados, entretanto, nenhum aborda especificamente a questão dos parques de tancagem.

De fato, foram encontrados poucos trabalhos abordando a gestão de estoques em refinaria geral, e a gestão de parques de tancagem em específico. Stebel et al. (2006) destacam a dificuldade de trabalhar com planejamento de curto prazo para parques de tancagem devido à quantidade de aspectos que o especialista deve levar em conta na sua tomada de decisão. Para Stebel et al. (2006), devido a esta complexidade, as decisões ainda são baseadas na experiência do especialista com o apoio de computações manuais, o que insere pontos de incerteza no processo. Desse modo, buscam propor um modelo baseado em lógica *fuzzy* (uma generalização da teoria de conjuntos que permite a representação matemática de imprecisões) para aproximar os resultados computacionais das decisões tomadas na prática pelos especialistas. Esse modelo, assim, poderia ser utilizado para testar e corrigir novas condições operacionais, ao invés de apenas planejar as atividades normais.

Ghatee e Hashemi (2009) propõem um modelo baseado em lógica *fuzzy* para otimização do transporte de óleo cru sob incerteza no suprimento de unidades de produção, demanda das refinarias e terminais de exportação. O modelo proposto é totalmente baseado em lógica *fuzzy* e consegue calcular, também, a localização dos tanques necessários para o armazenamento e a capacidade mínima que eles devem fornecer. Os resultados obtidos foram apenas parcialmente satisfatórios, devido aos intervalos de tempo utilizados no cálculo, que foram considerados grandes demais para refletir a realidade adequadamente. Entretanto, esse intervalo grande é o que torna o cálculo computacionalmente viável, tornando-se necessário investigar esse *trade-off* para a obtenção de melhores resultados.

Chryssolouris et al. (2005) abordam o problema de planejamento de curto-prazo e propõem um mecanismo integrado baseado em simulação para avaliar o desempenho de

alternativas geradas com base em múltiplos critérios, que permite a interação do usuário e a investigação de cenários “e se”. Entretanto, o método foi desenvolvido para resolução do problema em uma refinaria específica, e não como uma ferramenta genérica. O sistema construído também não é capaz de simular anomalias de processo e, portanto, a geração de cenários “e-se” depende de longas interações do usuário com o sistema. Desse modo, os usuários da ferramenta tendem a optar por cenários simples, que não refletem o resultado real obtido após a implementação das decisões propostas pela ferramenta. A opção por utilizar cenários simples também é reflexo do tempo necessário para computação de soluções em cenários complexos.

Ćirić e Gruhn (2002) abordam o gerenciamento de parques de tancagem sob a perspectiva de planejamento de movimentação de produtos. Ćirić e Gruhn (2002) apresentam um modelo de programação matemática para resolver o problema de movimentação de um produto único entre duas unidades, considerando a existência de um parque de tancagem entre elas, no qual os volumes iniciais de cada tanque são conhecidos. O modelo busca o melhor planejamento para a movimentação dos produtos, considerando o perfil de volume de cada tanque. A solução proposta, entretanto, considera uma única função objetivo e as penalidades utilizadas para demonstrar o funcionamento do algoritmo não são baseadas em problemas reais.

Relvas et al. (2010) apresentam um modelo de representação flexível, que pode exprimir diferentes estruturas logísticas, tais como tanques de óleo cru, tanques intermediários ou tanques de armazenamento de produto final, e que pode ser integrado a outros modelos. A modelagem proposta também define um ciclo operacional do tanque semelhante ao proposto por Barbosa et al. (2010), entretanto, não considera tempos de análise e certificação dos produtos nem leva estes fatores em consideração ao calcular a solução.

Chang e Lin (2006) realizaram um estudo que considerou 242 acidentes com tanques de armazenamento ocorridos entre os anos de 1965 e 2005, classificando os acidentes segundo suas causas, tais como erros de manutenção, erros operacionais e falhas de equipamento, entre outros. Dos erros operacionais citados, o transbordo de tanques foi a causa mais frequente desses incidentes, que poderiam ter sido evitados com os cuidados adequados.

O artigo, no entanto, não sugere ou aborda possíveis ações preventivas ou formas de monitoramento que poderiam ser adotadas.

Relvas et al. (2009) abordam a complexidade computacional das soluções baseadas em Programação Linear Inteira Mista, que possuem variáveis discretas e contínuas e apenas equações/inequações lineares. Como alternativa para reduzir a complexidade desse tipo de solução, os autores propõem a utilização de uma heurística para definir quais as sequências de produção viáveis, com base em um conjunto de sequências desejáveis possíveis.

Mirhassani e Beheshtiasl (2013) propõem um programa operacional para o gerenciamento de um oleoduto em um dado período de tempo. O sistema abordado no trabalho continha uma refinaria de petróleo e um oleoduto multiproduto conectado a um parque de tancagem que recebia grandes quantidades de derivados de petróleo. Para a resolução do problema, Mirhassani e Beheshtiasl (2013) fizeram uso de uma heurística que foi capaz de chegar a uma solução próxima à solução ótima em um tempo considerado aceitável, mesmo considerando praticamente todas as restrições práticas aplicáveis. Além disso, a heurística proposta consegue determinar a melhor sequência de bateladas e monitorar a localização da batelada no oleoduto e no inventário do centro de distribuição. O modelo, entretanto, considera apenas um oleoduto (o que não é a realidade para muitas refinarias), tem um alto tempo de *setup*, e não considera todos os detalhes operacionais que podem influenciar os resultados.

Leiras et al. (2011) abordam estudos que tratam a classificação das incertezas. Incertezas de curto-prazo referem-se a fatores imprevisíveis nos processos internos, por exemplo, falha de máquinas (SUBRAHMANYAM et al., 1994). Incertezas de longo-prazo referem-se a fatores externos que impactam o planejamento de um longo período, por exemplo, matéria prima, demanda e flutuações de preços. Já as incertezas de médio prazo incluem questões de curto e longo-prazo (GUPTA & MARANAS, 2003).

Outra forma de classificação é encontrada em Jonsbraten (1998) e Goel e Grosmann (2004), que classificam as incertezas em externas (exógenas) e internas (endógenas), do ponto de vista das operações de processos. As incertezas exógenas são referentes a fatores externos que impactam o processo, sendo que as incertezas de um estágio são independentes das decisões tomadas em períodos anteriores. Já as endógenas surgem de deficiências no

conhecimento completo do processo, com isso, as decisões de cada estágio dependem das decisões tomadas nos períodos anteriores. Uma tabela de classificação das incertezas segundo os critérios acima pode ser vista na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação de fatores de incerteza

Horizonte de tempo	Operações de processos	
	Externas (exógenas)	Internas (endógenas)
Longo-prazo	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade de fontes para suprimento de óleo Dados econômicos sobre matérias-primas, produtos acabados, utilidades, etc. (preços, demandas e custos) • Localização Orçamentos de capital de investimento para expansão de capacidade, compra de novos equipamentos ou substituição de equipamentos • Custos de investimento de processos • Questões regulatórias concernentes a leis, regulamentações e padrões • Obsolescência tecnológica • Questões políticas 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de óleo disponível 	
Médio-prazo	<ul style="list-style-type: none"> • Dados econômicos sobre matérias-primas, produtos acabados, utilidades, etc. (preços, demandas e custos) • Tipo de óleo disponível 	
Curto-prazo		<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de óleo disponível • Propriedades dos componentes • Rendimento de processos/produtos • Opções de <i>blending</i> • Variações de processos (taxas de vazão e temperaturas) • Disponibilidade de maquinário

Fonte: adaptado de Leiras et al. (2011)

Todos os estudos analisados, entretanto, não buscam integrar as variáveis de incerteza em seus modelos e propor formas de lidar com os valores a serem atribuídos a elas durante as rodadas de execução. Além disso, não se aprofundam na identificação das variáveis que podem influenciar o sistema. Desse modo, nenhum dos trabalhos busca abordar o problema

do ponto de vista da identificação das variáveis que impactam o planejamento de produção, nem buscam entender qual o impacto de cada variável.

Isso pode ser relevante para os gestores responsáveis pela gestão de estoques. Uma situação de stress sempre gera a necessidade de ações reativas, que geralmente vêm acompanhadas por prejuízos financeiros. Desse modo, identificar os pontos que mais influenciam na criação de uma situação de stress possibilitaria a tomada de ações preventivas e cujos custos podem ser avaliados frente aos possíveis prejuízos caso a situação viesse a concretizar-se. Com isso, os gestores podem direcionar suas ações e investimentos para a eliminação ou mitigação desses pontos. Assim sendo, esse conhecimento poderia ser utilizado como uma ferramenta de apoio à gestão operacional nas refinarias ao fornecer informações relevantes que possibilitem a utilização eficiente dos recursos já existentes.

Outra contribuição possível seria a obtenção de uma análise indicativa dos pontos que demandam mais atenção na refinaria sendo estudada. Desse modo, as variáveis que influenciam de modo recorrente as formações de situações de stress podem ser conhecidas e atuadas sem a necessidade de trabalhos de simulação mais detalhados. E, no caso em que uma simulação seja realmente necessária, o conhecimento prévio dessas variáveis pode facilitar os trabalhos.

O entendimento das variáveis que influenciam a criação de situações de stress de tancagem portanto, pode servir para refinar modelos tais como os de Stebel et al. (2006), Ghatee e Hashemi (2009) e Chryssolouris et al. (2005), que buscam trabalhar com incertezas e a construções de cenários “e se”. No caso de Stebel et al. (2006), esse entendimento ajudaria a diminuir a quantidade de aspectos analisados, uma vez que se poderia avaliar apenas as variáveis prevalentes. Também poderia possibilitaria a criação de novas situações operacionais para teste com base nessas variáveis. Em relação ao trabalho de Ghatee e Hashemi (2009), a ferramenta pode viabilizar a análise de intervalos de tempos maiores, devido à discretização dos intervalos de tempo e do uso de heurísticas. Quanto ao estudo de Chryssolouris et al. (2005), o entendimento das variáveis poderia facilitar a criação de cenários “e-se” para outras refinarias. Também poderia reduzir o tempo necessário para a computação dos resultados, pois apenas as variáveis mais importantes seriam consideradas. Além disso, caso este trabalho consiga medir o impacto das variáveis prevalentes ao stress de

tancagem, poderá contribuir para o trabalho de Ćirić e Gruhn (2002), auxiliando a definição de penalidades baseadas em dados reais para aumentar a precisão do planejamento de movimentação de produtos. Além disso, a ferramenta para o cálculo do stress de tancagem poderia ser utilizada no apoio à gestão da operação dos parques de tancagem e, em conjunto com o entendimento das variáveis que influenciam a formação das situações de stress, pode ajudar a prevenir erros operacionais como os citados por Chang e Lin (2006). A utilização de uma heurística, por sua vez, endereça o problema da complexidade das soluções computacionais (RELVAS et al., 2009; LEIRAS et al., 2011), ao fornecer uma solução próxima a solução ótima com um tempo de processamento significativamente menor.

Além disso, o presente trabalho contribui para a o delineamento do termo stress de tancagem, ainda pouco explorado no meio acadêmico. O presente estudo poderá servir como base inicial para a proposição do assunto, de modo que ele possa ser estudado e ampliado por outros pesquisadores. Quanto à justificativa empresarial deste estudo, a ferramenta para mensuração de stress em parques de tancagem pode ter grande valia para empresas que atuam no ramo petrolífero, pois permitirá uma análise rápida e de baixo custo do nível de utilização dos parques de tancagem.

Para os gestores de unidades de produção, essa análise pode servir para apoiar o processo de gestão da utilização e identificar precocemente uma situação de stress de tancagem que esteja iniciando. Com isso, torna-se possível a realização de ações preventivas que evitem ou diminuam o impacto da situação de stress. Ter essa possibilidade de ação preventiva pode ser de grande valia, uma vez que sem essa visibilidade, resta apenas a possibilidade de tomada de ações corretivas, com todos os impactos negativos. Além disso, também pode auxiliar na identificação das causas específicas para a geração da situação de stress naquela unidade, permitindo, assim, a tomada de ações no sentido de elimina-las ou mitiga-las. Nesse sentido, os impactos financeiros da situação de stress poderiam ser comparados com o investimento necessário para a ação preventiva, permitindo avaliar se a correção vale a pena, ou a comparação entre soluções possíveis.

Conforme verificado na revisão sistemática da literatura realizada e em consonância com o exposto por Leiras et al. (2011), há pouca literatura voltada para a gestão estratégica de refinarias ou que busquem integrar os níveis estratégicos, táticos e operacionais. Além disso,

apesar de vários artigos abordarem a gestão e o planejamento da produção dentro do cenário de uma refinaria, nenhum dos artigos pesquisados aborda o problema da gestão de recursos do ponto de vista de uma companhia petrolífera em geral. Em específico, nenhum dos artigos aborda a gestão de recursos financeiros e a tomada de decisão quanto a como aplicar os recursos financeiros, que são sempre limitados, dentro de um cenário em que existam várias refinarias solicitando recursos.

Assim, para a Alta Direção da companhia petrolífera, que precisa gerir várias unidades produtivas, o resultado deste trabalho pode servir como apoio para a gestão integrada das unidades. Isso torna-se possível devido à ferramenta fornecer uma medida padronizada para a comparação entre as unidades. Desse modo, a Alta Direção pode comparar de forma rápida a situação de todas as unidades quanto ao stress de seus parques de tancagem e direcionar ações ou investimentos para os locais onde são mais necessários. A identificação das variáveis prevalentes para a formação de situações de stress também pode servir para o entendimento de pontos de melhoria necessários na forma de gestão das unidades ou mesmo de características específicas a cada unidade ou região.

Além disso, os conceitos tratados podem ser generalizados para outros sistemas produtivos que envolvam processos semicontínuos como, por exemplo, postos, redes de abastecimento de água, etc. A próxima seção trata da estrutura do presente trabalho. Nela são apresentados os capítulos e a distribuição dos conteúdos aqui abordados.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho será construído em seis capítulos. No primeiro capítulo, é apresentado o contexto do tema, tratando de aspectos ligados ao mercado de combustíveis nacional, a cadeia de petróleo, o dimensionamento de parques de tancagem e a avaliação de stress de parques de tancagem. Isso é feito com o intuito de sustentar a questão de pesquisa proposta. Também são apresentados os objetivos geral e específicos e as justificativas acadêmica e empresarial para a realização deste trabalho.

No segundo capítulo, é apresentado o referencial teórico que embasará a construção da pesquisa, abordando conceitos de Processos Contínuos e Semi-contínuos, Capacidade e Gerenciamento de Parques de Tancagem, e Redes Neurais Artificiais. Assim, abordam-se os principais tópicos relevantes a este estudo.

A metodologia de pesquisa é apresentada no terceiro capítulo, através de um delineamento do método, a apresentação do método de trabalho e suas etapas e os procedimentos de coleta e tratamento dos dados. Também são apresentadas as delimitações do trabalho.

O quarto capítulo apresenta o método utilizado para sinalizar as etapas do ciclo do tanque (os “Ts”), o método utilizado para identificar as situações de stress em parques de tancagem, as fórmulas de cálculo das variáveis descritivas do comportamento do parque de tancagem, a lógica geral da ferramenta computacional desenvolvida nesse estudo e o mecanismo de validação dos resultados.

O quinto capítulo trata dos resultados da análise dos dados. São apresentados os resultados das análises realizadas através das redes neurais artificiais para cada um dos cenários propostos. Também são identificadas as variáveis prevalentes na formação de stress em parques de tancagem, de modo a responder a questão de pesquisa deste trabalho.

No sexto capítulo, conclui-se o trabalho buscando evidenciar as contribuições desta pesquisa sob o ponto de vista da teoria e da necessidade empresarial. Na sequência, são apresentadas as referências utilizadas no desenvolvimento do trabalho e os apêndices referentes ao conteúdo deste estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção tem por objetivo apresentar os estudos que embasam as afirmações e deduções deste trabalho. Nesse momento, são abordados os modelos e conceitos referenciados no decorrer da pesquisa. Desse modo, esta seção está organizada em três discussões centrais: a) processos contínuos e semicontínuos; b) gestão e capacidade de parques de tancagem; e c) redes neurais artificiais.

2.1 PROCESSOS CONTÍNUOS E SEMICONTÍNUOS

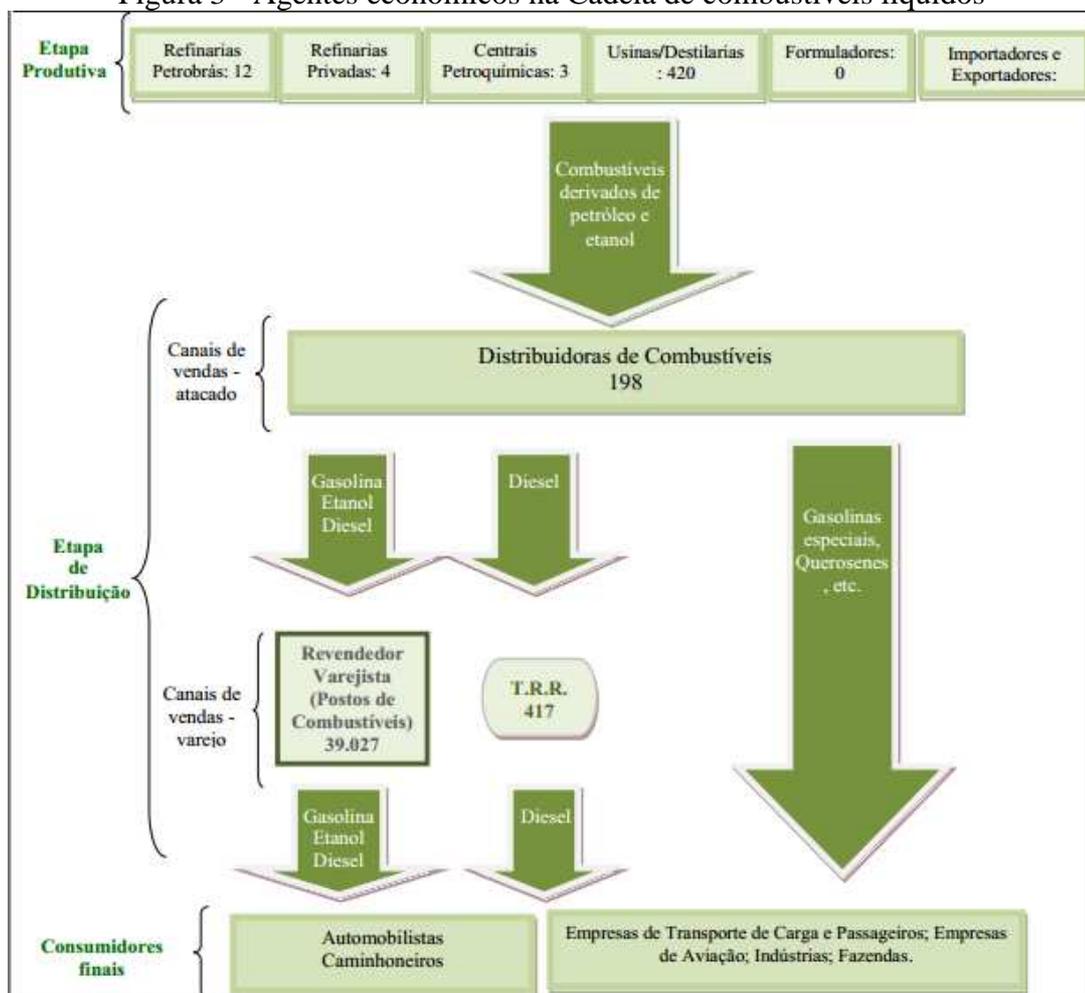
Fabricar é o procedimento pelo qual se agrega valor por meio da aplicação de esforço mental ou físico na manufatura e disponibilização de produtos e serviços, de modo a satisfazer as necessidades humanas (BLACK, 1998). Para atingir esse objetivo, as empresas organizam-se em sistemas de manufatura e sistemas produtivos. Sistemas de manufatura envolvem o processo de fabricação em si, ou seja, é um conjunto de processos combinados que recebe entradas e gera produtos para os consumidores. Sistemas produtivos incluem os sistemas de manufatura e todas as áreas funcionais da fábrica que suprem os processos fabris de informações, projetos, análise e controle. Assim, o sistema produtivo não fabrica produtos, mas sim auxilia o sistema de manufatura a atingir seus objetivos (BLACK, 1998).

Considerando-se tal forma de organização em uma refinaria de petróleo, o sistema de manufatura refere-se a todo o processo de refino do petróleo, desde o momento em que o óleo é descarregado nos tanques de recebimento, passando pelo processo de refino em si, até o momento em que os produtos resultantes são armazenados em seus parques de tanques específicos. Porém, para que esse processo possa acontecer, é necessário o apoio de uma série de outras áreas da refinaria (tais como Transporte e Estocagem, Comercial, Manutenção, Laboratórios, entre outras) para garantir: a) que o óleo será adquirido de produtoras e entregue no momento adequado; b) que haverá as matérias primas necessárias para a utilização no refino e; c) que haverá mercado para a venda dos produtos estocados e a liberação do parque de tanques para o recebimento dos produtos sendo refinados em sequência. Essas atividades de apoio, que cercam o sistema de manufatura e também o incluem, são chamadas de sistema produtivo.

A Figura 3 apresenta os agentes econômicos envolvidos na cadeia de combustíveis líquidos brasileira. Por agentes econômicos entende-se “aqueles que produzem os

combustíveis e seus insumos ou importam os combustíveis produzidos no exterior para o mercado doméstico” (CADE, 2014, p.6). Eles podem ser refinarias de petróleo (que processam o petróleo vindo das unidades de extração), centrais petroquímicas (que processam condensado, gás natural, nafta petroquímica e outros insumos para produzir, especialmente, matérias-primas para a indústria química), usinas/destilarias (destinadas a produzir álcool para biocombustíveis), formuladores (empresas autorizadas a exercer a atividade de produção de gasolina automotiva e óleo diesel a partir da mistura de correntes de hidrocarbonetos), importadores e exportadores (fornecedores de combustível líquidos autorizados pela ANP), distribuidores, revendedores varejistas (postos de combustíveis), Transportadores-Revendedores-Retalhistas (os “TRRs”, que são autorizados para transporte e revenda varejista e operam basicamente com diesel) ou, na ponta final, consumidores.

Figura 3 - Agentes econômicos na Cadeia de combustíveis líquidos



Fonte: CADE (2014)

O arranjo das máquinas, também conhecido como *layout* fabril, é o que define o projeto básico do sistema de manufatura (BLACK, 1998). Os sistemas de manufatura podem ser de cinco tipos: o *layout* funcional ou *job shop* (onde as máquinas estão agrupadas por função em diferentes áreas da empresa, e as peças são transportadas em pequenos lotes de uma área para outra); o *layout* em linha ou *flow shop* (onde as máquinas são alinhadas sequencialmente, em linha, conforme sua função no processo fabril e as peças são passadas de forma manual ou automática entre as máquinas); *layout* de posição fixa ou *project shop* (onde os itens sendo fabricados são fixos e as máquinas vão ao local de trabalho, como acontece em pontes ou viadutos, por exemplo); *layout* celular (onde as máquinas são organizadas em grupos para a fabricação de famílias de peças com características semelhantes) e processos contínuos (onde os produtos, sendo líquidos, gasosos ou pós, fluem fisicamente, como no caso das refinarias de petróleo, por exemplo) (BLACK, 1998).

Operações como mistura, separação, formação e reações químicas são operações geralmente executadas em materiais ou produtos não-discretos (FRANSOO & RUTTEN, 1994). Assim, é preciso ter clara a diferença entre materiais discretos e não discretos. Classifica-se como discreto qualquer material sólido distinto que não muda de forma imediatamente e a mantém sem containerização. Materiais definidos como não-discretos, por sua vez, são líquidos, polpas, lamas, gases e pós que evaporam, expandem, contraem, depositam-se, absorvem umidade, ou secam, trocando de forma constantemente e, assim, não podem ser armazenados sem containerização (DENNIS & MEREDITH, 2000).

Todas as indústrias de processos, sejam elas contínuas ou semicontínuas, usam materiais não-discretos (DENNIS e MEREDITH , 2000). A matéria-prima principal da refinaria é o óleo cru, portanto, trata-se de um material não-discreto.

De acordo com Rippin (1993), qualquer sistema produzindo produtos químicos tem três componentes necessários: a) um mercado para um ou mais produtos; b) uma sequência de processos através dos quais as matérias primas são convertidas em produtos; e c) um conjunto de equipamentos nos quais os processos são executados. Com base nesses três pontos, Rippin (1993) diferencia os processos entre produção contínua (*continuous production*) e processamento em batelada (*batch processing*). Na produção contínua, considera a produção de um único produto em uma planta contínua. Nesse caso, destaca que as ligações entre os

três componentes (a, b e c) são rigidamente estabelecidas ainda na etapa de projeto. Ou seja, a sequência de processos é definida especificamente para atender uma capacidade específica de produto para o mercado. Além disso, os equipamentos são selecionados ou projetados especificamente para desempenhar exatamente aqueles processos da maneira mais eficiente. No caso do processamento em batelada, os três componentes são definidos de modo menos rígido, e a ligação entre eles é difusa ou está sujeita a mudanças. Nesse caso, a demanda pode ser por uma gama de produtos cujas demandas relativas não podem ser definidas com precisão. Assim, os equipamentos precisam ser selecionados de uma linha padrão para servir a múltiplas funções, e a sequência de execução de processos pode variar constantemente para atender a mudanças nos requisitos do mercado (RIPPIN, 1993).

A APICS (*American Production and Inventory Control Society*) define manufatura por processo (*process manufacturing*) como uma produção que agrega valor através da mistura, separação, formação, e/ou reações químicas, através de lotes ou em modo contínuo (APICS, 2014).

Já produção de fluxo de processo (*process flow production*) é definida como “uma abordagem de produção com interrupções mínimas no processamento em qualquer produção ou entre produções de produtos similares. O tempo de fila é virtualmente eliminado pela integração do movimento do produto na operação intrínseca do recurso desempenhando o trabalho” (APICS, 2014).

Produção contínua (*continuous production*) é “um sistema de produção no qual o equipamento produtivo está organizado e sequenciado de acordo com os passos envolvidos na produção do produto. Este termo denota que o fluxo de material é contínuo durante o processo de produção. O roteamento do trabalho é fixo e os *setups* raramente são mudados” (APICS, 2014).

Ainda segundo a APICS (2014), batelada/mistura (*batch/mix*) é um processo que agenda produções curtas de produtos. Já a fabricação em batelada (*batch manufacturing*) é um processo de manufatura no qual conjuntos de itens são movidos através de diferentes passos de fabricação em um grupo ou lote. O processamento em batelada (*batch processing*), por sua vez, é apresentado como uma técnica de manufatura na qual partes são acumuladas e

processadas juntas em um lote. Fransoo & Rutten (1994), diferenciam as formas de produção conforme o Quadro 7.

Silveira (2011, p.61) define processos em três tipos: batelada ou descontínuo, contínuo e semicontínuo. Processo descontínuo é o processo no qual não há entrada ou saída de materiais durante o processo: insere-se o material no início da operação, fecha-se o sistema, e retira-se os produtos somente quando o processo for completado. No processo semicontínuo, pode haver adição ou retirada de materiais, porém ambas não podem ser realizadas ao mesmo tempo durante o processo. Já no processo contínuo, a adição e retirada de material do sistema ocorre simultaneamente, durante a transformação física ou química.

De modo semelhante, Neumann et al. (2005), afirmam que em processos descontínuos, os produtos de entrada da operação são consumidos no início da operação e os produtos de saída ficam disponíveis após o encerramento. Em modo contínuo, os produtos são produzidos e consumidos em taxas constantes. Já no modo semicontínuo, os produtos podem ser produzidos e consumidos em taxas finitas ou infinitas.

Quadro 7 – Comparação entre características de Processo/Fluxo e Batelada/Mistura

Processo/Fluxo	Batelada/Mistura
<ul style="list-style-type: none"> • Alta velocidade de produção, baixo tempo de atravessamento • Determinação clara de capacidade, uma rota para todos os produtos, sem flexibilidade de volume • Baixa complexidade de produto • Baixo valor agregado • Alto impacto de tempos nas mudanças de linha • Número limitado de produtos 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lead time</i> longo, muito trabalho em processo • Capacidade não é claramente definida (configurações diferentes, rotas complexas) • Produtos mais complexos • Alto valor agregado • Menos impacto de tempo nas mudanças de linha • Alto número de passos de produção / processos

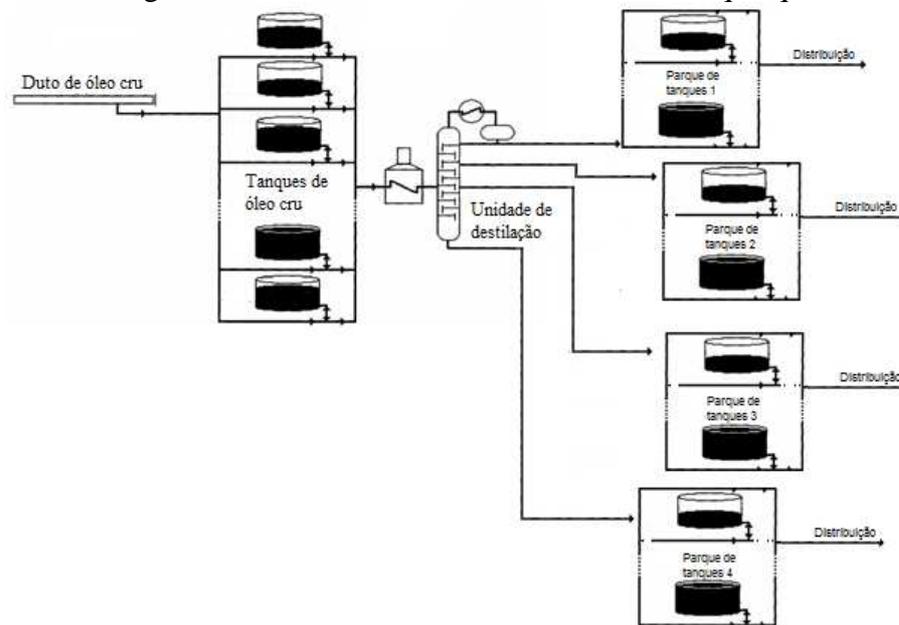
Fonte: adaptado de Fransoo e Rutten (1994)

Além disso, segundo Silveira (2011), um processo pode ser conduzido em dois estados: estacionário ou não estacionário (transiente). No primeiro caso, todas as propriedades (tais como pressão, temperatura, concentração, volume, massa, e assim por diante) permanecem constantes ao longo do tempo. As propriedades podem não ser idênticas em todos os pontos, mas, em cada ponto, não variam durante o processo. Já no segundo caso, as propriedades

variam ao longo do tempo, como, por exemplo, durante uma transformação química. Com base nessas definições, pode-se concluir que os processos contínuos e semicontínuos não podem ser conduzidos de forma estacionária. Isso ocorre pois, nos processos semicontínuos, as massas variam ao longo do tempo e, nos processos descontínuos, apesar da massa permanecer constante, ocorrem variações nas propriedades do sistema durante o processo. Os processos contínuos, entretanto, podem ser estacionários ou não estacionários, e, em geral, procura-se a manutenção do processo na forma estacionária. Porém, situações não estacionárias podem ocorrer no início do processo ou após alterações nas condições operacionais.

A Figura 4 resume o processo de refino de uma refinaria. Em uma refinaria de petróleo, é imperativo que o óleo alimente as unidades continuamente, pois uma operação de desligamento é algo extremamente indesejável e custoso (PINTO et al., 2000). Além disso, existem metas para o volume de fluxo de óleo, definidas no plano corporativo, que visam maximizar a produção e, conseqüentemente, o lucro.

Figura 4 - Processo de refino de uma refinaria qualquer

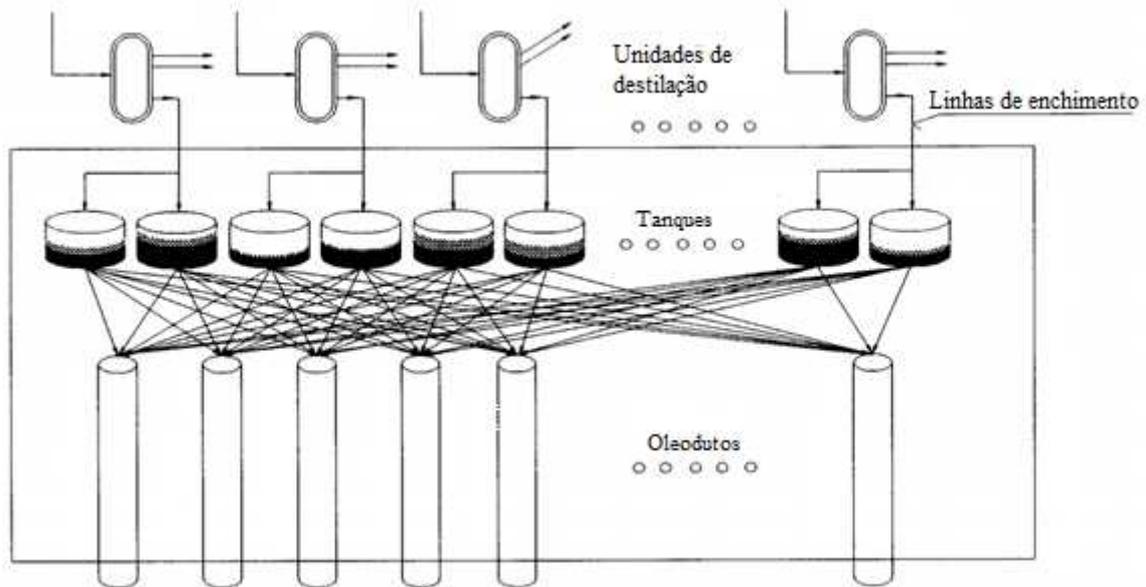


Fonte: adaptado de MORO et al. (1998, p.2264)

Refinarias de petróleo, em geral, produzem vários *streams* (lotes de produto), cujas especificações são baseadas nas suas propriedades físicas ou químicas como ponto de ignição, composição dos componentes chave, densidade e/ou viscosidade, entre outros. Depois de

processadas, essas *streams* são armazenadas em tanques intermediários e então enviadas por oleodutos como produto final ou misturados com outros para produzir a combinação desejada (PINTO et al., 2000a). A Figura 5 ilustra essa situação.

Figura 5 - Processo de destilação, armazenamento e envio



Fonte: adaptado de Moro et al. (1998)

Assim, uma refinaria de petróleo é alimentada ininterruptamente com óleo cru. Porém, a quantidade de produtos gerados e suas composições podem variar de acordo com as características da matéria prima utilizada ou mesmo da demanda de mercado por determinado produto (KAZEMI ZANJANI et al., 2010).

Fransoo e Rutten (1994) citam uma série de características consideradas típicas de indústrias de processo. Especificamente, citam a dificuldade de programação da produção em consequência da variação de rendimento devida a natureza do processo, mesmo que ele esteja estatisticamente sob controle. Fransoo e Rutten (1994) citam três soluções possíveis para este problema: i) definição de um rendimento médio para a lista de materiais (*Bill Of Materials*) utilizados, ii) criação de um estoque de segurança das matérias primas com maior variação de rendimento, ou iii) a utilização de um tempo de segurança ao invés de um estoque de segurança.

Fransoo e Rutten (1994), inclusive, citam o exemplo de óleos crus, pois eles podem ser originários de campos de extração diferentes e ter diferentes porções de nafta, destilados e

óleos combustíveis, de modo que o projeto, planos de produção e programação da produção de uma refinaria devem levar em conta esta variabilidade. Ainda como resultado de sua pesquisa em outros trabalhos, os autores citam outros problemas comuns a indústrias de processo. Por exemplo, o fato de muitas vezes o rendimento ou potência não ser conhecido antes do processo ser iniciado e também a questão de que a variação de qualidade da matéria prima determina quais produtos serão produzidos. Nesses casos, o risco de falta de estoque pode ser minimizado caso estoques de segurança tenham sido estabelecidos (FRANSOO & RUTTEN, 1994).

Outro problema encontrado por Fransoo & Rutten (1994) em sua pesquisa é o impacto da variação de qualidade da matéria prima na lista de materiais para as produções. De acordo com o tipo de variação da matéria prima (por exemplo, acidez, concentração, etc.), pode ser necessário modificar as proporções dos demais componentes da receita para que a qualidade esperada seja atendida. Por exemplo, quanto maior a quantidade de enxofre existente no óleo cru, maior a quantidade de hidrogênio necessária para a sua retirada. A lista de produção pode mudar, também, devido ao preço dos componentes auxiliares (que podem ser substituídos por produtos semelhantes, desde que garantam a especificação final desejada), bem como o recipiente, tanque ou linha disponível para transporte do produto (FRANSOO & RUTTEN, 1994)

Segundo Fransoo e Rutten (1994), a unidade de medida é um problema comum, uma vez que as unidades utilizada para produção é o lote como um todo, e a unidade de comercialização costuma ser menor. Por exemplo, em uma refinaria, o óleo cru comprado costuma ser medido em milhões de barris, porém a previsão de demanda do mercado e a venda é feita em litros.

Outro ponto a ser considerado é que, quando se trabalha com lotes de produção em indústrias de processo, caso haja problemas de qualidade, o lote inteiro precisa ser descartado Fransoo e Rutten (1994).

Considerando-se todas as caracterizações citadas até o momento, pode-se concluir que o processo de produção de refinarias de petróleo é semicontínuo, uma vez que, mesmo que as unidades de produção sejam alimentadas de forma interrompida, a qualidade da matéria-prima fornecida ao sistema (o óleo cru) pode variar, o que faz com que os parâmetros de operação

das unidades precisem ser ajustados e, geralmente, causa variações na qualidade dos produtos resultantes, que precisam ser segregados e armazenados ou distribuídos para diferentes locais. Essa situação também pode ser causada pela demanda do mercado, que pode gerar a necessidade de produção maior de determinado derivado ou de uma qualidade específica. Com isso, descaracteriza-se a produção como um processo contínuo. Como os derivados resultantes do processamento podem ser transferidos à medida que são produzidos, também descaracteriza-se a produção como processo descontínuo.

Além disso, percebe-se que o refino de petróleo está sujeito a uma série de incertezas, relativa à disponibilidade de matéria-prima, à qualidade dessa matéria-prima, a variações de rendimento, entre outros. Essas incertezas podem impactar diretamente as ações de gestão e a capacidade necessária em parques de tancagem, conforme será exposto na próxima seção desta pesquisa.

2.2 GESTÃO E CAPACIDADE DE PARQUES DE TANCAGEM

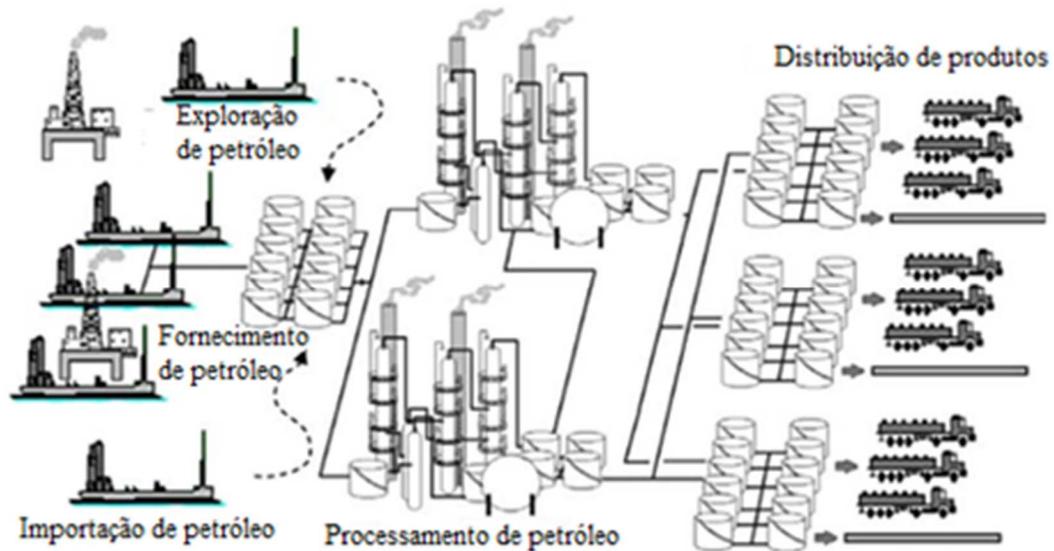
Esta parte do trabalho abordará os aspectos relacionados à gestão e capacidade de parques de tancagem. Os conceitos abordados foram organizados em três seções: a) a cadeia do petróleo; b) dimensionamento de parques de tancagem; c) gestão de parques de tancagem.

2.2.1 A cadeia do petróleo

A gestão de cadeias de suprimentos tem como objetivo geral criar um *framework* de coordenação eficiente para ajudar os fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas na cadeia de suprimentos a trabalharem juntos na aquisição de matérias-primas, na conversão das matérias-primas nos produtos finais especificados, e na entrega desses produtos aos vendedores finais (KUO & CHANG, 2008).

Um sistema de Suprimento, Transformação e Distribuição de petróleo e derivados tem por fim transportar os produtos da origem para refinarias e estoques e, de lá, para suas destinações, com custo mínimo de suprimento de matéria prima, transformação, transporte e armazenamento, ao mesmo tempo em que atende a restrições técnicas, econômicas e regulatórias (ESCUADERO et al., 1999). Assim, a cadeia de suprimentos de petróleo pode ser dividida em quatro segmentos distintos, que são (1) exploração, (2) transporte, (3) refino, e (4) distribuição (KUO & CHANG, 2008). A Figura 6 exemplifica esse cenário.

Figura 6 - Cadeia do petróleo



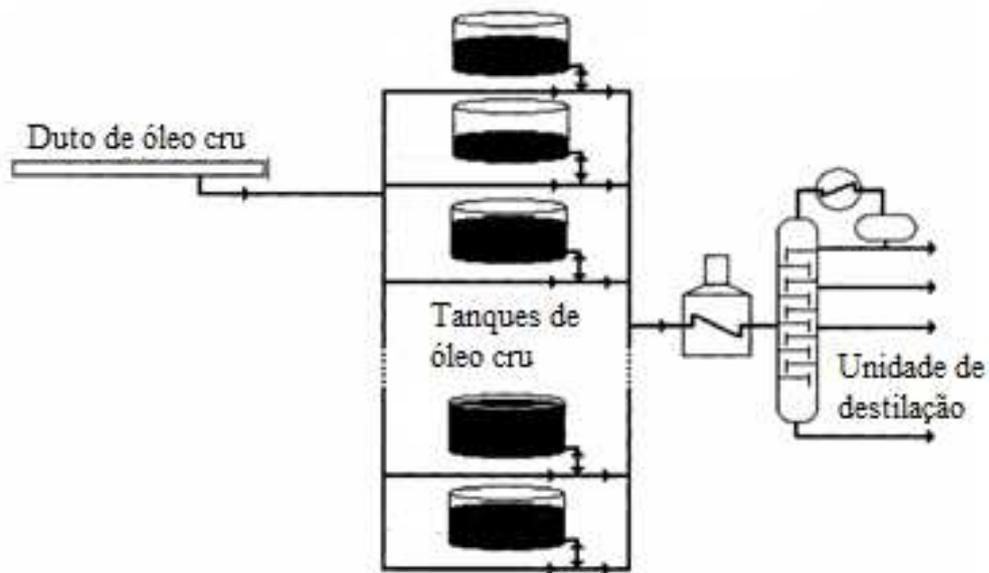
Fonte: adaptado de Neiro & Pinto (2004)

A exploração do petróleo (ou sua obtenção de fontes internacionais) é o nível mais alto da cadeia. Navios tanque transportam o petróleo até os terminais, que são ligados às refinarias através de uma rede de oleodutos. As refinarias, então, convertem o óleo cru em produtos, que são enviados para os centros de distribuição. Até este ponto, o transporte de óleo cru e dos produtos ocorre principalmente através de dutos. Deste nível em diante, podem ser transportados por dutos, caminhões, navios ou trens, dependendo da demanda dos compradores (NEIRO & PINTO, 2004).

Ao analisar mais detalhadamente o sistema, percebe-se que ele é formado por um duto de óleo cru e uma série de tanques de armazenamento e unidades de destilação, conforme demonstrado na Figura 7 (PINTO et al., 2000a). A refinaria recebe o óleo cru através dos oleodutos, que estão ligados às estações de atracamento onde os navios tanques descarregam. Na refinaria o óleo é armazenado em tanques cilíndricos com teto flutuante (onde o teto flutua sobre o produto armazenado, subindo ou descendo de acordo com o enchimento ou esvaziamento), com capacidades que alcançam dezenas de milhares de metros cúbicos, que geralmente são suficientes para suportar alguns dias de operação da refinaria. Tanques de teto flutuante reduzem significativamente as perdas por evaporação. Porém, demandam um volume mínimo de 15% de capacidade total para evitar danos ao mecanismo de flutuação (MÁS & PINTO, 2003). O óleo precisa ficar armazenado nestes tanques por algum tempo

antes que possa ser processado nas unidades de destilação, pois há um tempo mínimo necessário para permitir a separação da água salgada que forma uma emulsão com o óleo. Desse modo, não é possível alimentar a unidade de destilação diretamente do oleoduto, mesmo que um tanque intermediário seja usado. Se qualidade do óleo e a condição de operação da unidade de destilação não são compatíveis é necessário realizar o processamento simultaneamente com óleo de outro tanque.

Figura 7 - Sistema de óleo cru de uma refinaria



Fonte: adaptado de Neiro e Pinto (2004)

Desse modo, existe a necessidade de parques de tanques para estoques no recebimento do óleo cru e na saída dos lotes de produto das unidades de destilação. Considerando-se todos os aspectos relativos à necessidade de ações de gestão, custos de manutenção dos tanques, entre outros já citados na introdução deste estudo, as decisões relativas ao dimensionamento de parques de tancagem são de vital importância para a viabilidade financeira do negócio. Assim, este será o tópico abordado na seção seguinte.

2.2.2 Dimensionamento de parques de tancagem

Um sistema de distribuição de suprimentos tem como um de seus principais objetivos atender as demandas dos consumidores dentro dos prazos e com custos adequados. Para isso, é necessário um balanceamento entre a fonte e os consumidores, geralmente na forma de estoques intermediários, que protegem o sistema contra flutuações de curto prazo (PEARSON et al., 2012).

As fornecedoras de serviços públicos são exemplos interessantes disso, por serem de natureza contínua. Por exemplo, fornecedoras de água, eletricidade, gás e óleo, tem características de fluxo contínuo. Essas características acentuam a necessidade de balanceamento entre estoque e demanda e aumentam a importância das unidades de armazenamento em termos de disponibilidade imediata e confiabilidade. O atendimento desses requisitos aumenta os custos dos produtos (PEARSON et al., 2012).

No caso da indústria petroquímica, as unidades de armazenamento, existem na forma de tanques de superfície e seu tamanho pode variar (GLASS; WARD, 2010). Os tanques maiores costumam ficar próximos dos fornecedores e os menores próximos dos consumidores, de acordo com a relação oferta/demanda dentro da cadeia (PEARSON et al., 2012). Nesse sentido, um parque de tanques de armazenamento é uma unidade operacional responsável pelo armazenamento de petróleo e seus derivados. Diferentemente das demais unidades, pode influenciar e ser influenciado por outras unidades, por clientes, pela comunidade, terminais, dutos e inclusive por outras refinarias (BARBOSA et al., 2010).

É preciso considerar que produtos petroquímicos podem ser perigosos e causar danos para o ambiente em torno, o que aumenta a importância da manutenção da integridade dos tanques, que pode ser aprimorada com programas de manutenção adequados (PEARSON et al., 2012). A manutenção pode ser “em serviço” ou “fora de serviço”, sendo a primeira a preferida pelo fato do tanque continuar ativo e gerando resultado financeiro. Já a segunda pode ser vista como “tempo ocioso”, não produtivo, e resultando em altos custos. Durante a manutenção, são realizadas inspeções e reparos que visam maximizar a segurança das operações e minimizar a ocorrências que possam levar a degradação dos serviços, mantendo a viabilidade financeira (PEARSON et al., 2012).

Nesse cenário, um pequeno acidente pode levar a perdas de patrimônio milionárias e a alguns dias de interrupção de produção, enquanto um grande acidente pode resultar em processos, desvalorização de estoques ou mesmo a falência (CHANG & LIN, 2006). Chang e Lin (2006) realizaram um estudo que considerou duzentos e quarenta e dois acidentes com tanques de armazenamento corridos entre os anos de 1965 e 2005. Desses acidentes, 47,9% ocorreram em refinarias de petróleo e 74,3% envolveram produtos como óleo cru, gasolina e óleos combustíveis, tais como o diesel. A principal causa dos acidentes, com 33% dos casos,

foram raios que atingiram os tanques. Entretanto, todos os demais acidentes foram causados por exemplo, por erros de manutenção, erros operacionais e falhas de equipamento, que poderiam ter sido evitados com os cuidados adequados.

Dos erros operacionais citados no estudo de Chang e Lin (2006), o transbordo de tanques foi a causa mais frequente de acidentes. Quando um tanque contendo líquido inflamável transborda, é grande a probabilidade de ocorrência de fogo ou explosão, uma vez que qualquer faísca próxima pode causar a ignição dos vapores inflamáveis liberados pelo tanque. No estudo citado, dos quinze acidentes de transbordo, treze resultaram em explosões.

Além disso, é preciso considerar que as emissões e liberações de parques de tancagem e outros equipamentos respondem por cerca de 30% das perdas de hidrocarbonetos em um complexo de processamento (GOYAL, 1999). Essas perdas devem-se, principalmente, a armazenamento vertical, ventos, respiração, deslocamento, evaporação e umidade. Ou seja, quanto maior a quantidade de tanques e menor o volume por eles armazenado, maiores serão as perdas no parque de tancagem.

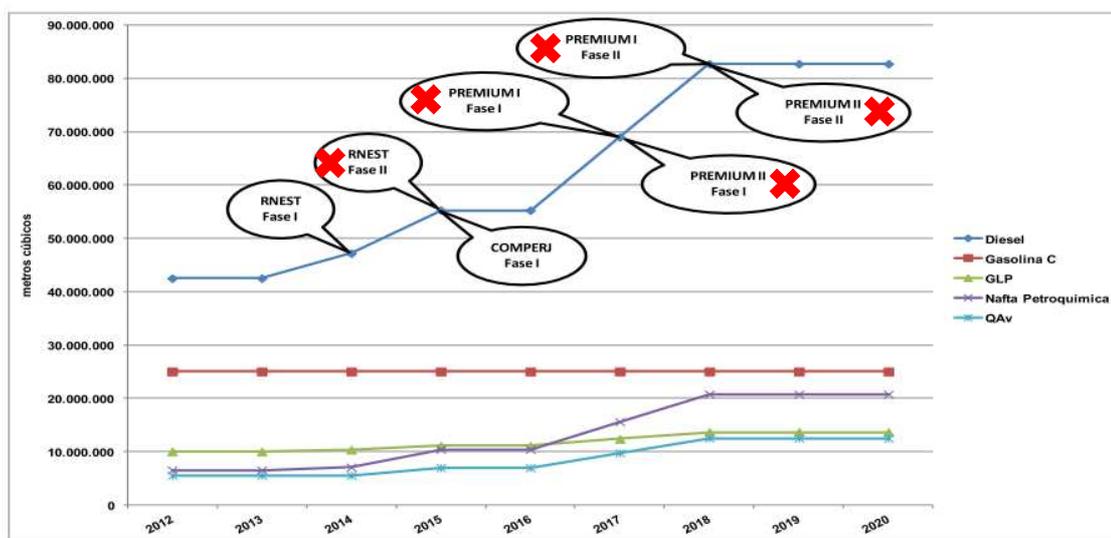
Tradicionalmente, nas práticas de planejamento de inventário, o estoque de segurança é determinado pela estimativa dos riscos e pela determinação de um nível de estoque que deve ser aplicado para os próximos períodos de tempo (KANET et al., 2010). Entretanto, ao avaliar a capacidade necessária para um parque de tancagem, é preciso levar em conta, entre outros, aspectos relativos aos custos de manutenção, custos de armazenamento, perdas de armazenamento e riscos de operação. Assim, o dimensionamento do parque consiste em determinar a menor quantidade de tanques que atenda todos os requisitos operacionais. Esse dimensionamento influenciará diretamente a forma como se fará a gestão do parque de tancagem. Por isso, esse é o tópico que será abordado na próxima seção.

2.2.3 Gestão de Parques de Tancagem

Buscando reduzir a importação de derivados de petróleo, a Petrobras deveria investir, segundo seu Plano de Negócios e Gestão 2013-2017, um total de US\$ 31,2 bilhões na ampliação do parque de refino nacional. Essa expansão também teria como objetivos adequar a produção ao perfil da demanda nacional, aumentar a produção de derivados com maior valor agregado e reduzir os custos logísticos que resultam da exportação de petróleo e importação de derivados (ANP, 2013).

A Figura 8 apresenta a projeção da produção de derivados de petróleo no Brasil após a entrada em operação das refinarias Abreu e Lima (RNEST), em 2014, Premium I e Premium II, ambas a partir de 2017, e também do primeiro trem de processamento do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), em 2015. Entretanto, esses projetos foram cancelados ou adiados, conforme visto na introdução deste trabalho. Na figura abaixo, as refinarias adiadas ou canceladas estão marcadas com um “x” vermelho.

Figura 8 - Projeção da produção de derivados de petróleo no Brasil, para o período de 2013 a 2020



Fonte: ANP (2013)

Assim, embora as reservas de petróleo e gás em seções de pré-sal descobertas recentemente tenham o potencial de transformar o perfil de produção nacional e reduzir a necessidade de importações, a forma de viabilizar economicamente esta transição ainda não está clara. Com isso, os cenários de autossuficiência e exportação de derivados preconizados para 2020 tornaram-se inviáveis (ANP, 2013).

Como solução de curto prazo, para manter as refinarias operando em seu limite de capacidade e aumentar a capacidade produtiva da base já instalada, a Petrobras está realizando investimentos e tomando ações voltadas para o aumento das cargas produtivas (PETROBRAS, 2014). Essas ações, entretanto, estão sendo questionadas por sindicatos e operários, que afirmam que as definições para o aumento da produção não estão sendo adequadamente avaliadas, trazendo sérios riscos para a segurança no trabalho. Por exemplo, o incêndio ocorrido na usina de Coque, em Duque de Caxias (RJ), em 04/01/2014, foi o quinto em

menos de quarenta dias em diferentes refinarias da Petrobras. Segundo o SindiPetro Caxias, o aumento da carga processada na unidade, de 5 mil metros cúbicos/dia para 6 mil metros cúbicos/dia, foi imposto à unidade com base em um projeto teórico e sem testes (IG, 2014). Poucos dias após o esse incidente, a Petrobras emitiu um comunicado afirmando que as medidas foram tomadas seguindo os padrões de segurança e com aprovação da ANP (PETROBRAS, 2014).

Tais acidentes resultam no contrário ao buscado pela Petrobras com o aumento da produção, que é justamente melhorar a situação econômica da empresa. O valor de mercado da petrolífera passou de US\$ 124,7 bilhões no fim de 2012 para US\$ 90,6 bilhões no final de 2013, tornando-a a empresa brasileira de capital aberto que mais perdeu valor em 2013 (ZERO HORA, 2013). Segundo o Centro Brasileiro de Infraestrutura (CBIE), apenas com o acidente em Duque de Caxias, a Petrobras deixou de gerar cerca de R\$ 500 mil por dia em receitas referentes a derivados de petróleo. Entretanto, as perdas podem chegar a R\$ 28,9 milhões por dia se considerada a importação dos produtos para suprir a demanda (PITA, 2014).

Levando-se em conta o cenário exposto, é necessário concordar com Ćirić e Gruhn (2002), que destacam o interesse em otimizar o movimento de produtos dentro dos parques de tancagem nas indústrias de processos químicos, especialmente na de refino de óleo (ĆIRIĆ & GRUHN, 2002). Este problema é denominado “gestão de parques de tancagem”, e é uma atividade com impacto econômico relevante, uma vez que há grandes somas monetárias depositadas nos tanques (ĆIRIĆ & GRUHN, 2002).

A produção da refinaria é determinada tanto pelos suprimentos de óleo quanto pelas demandas dos consumidores (que é o caso mais comum). Em ambos os casos, tem-se o objetivo de minimizar o tempo de giro do estoque, respeitando as especificações de produto e datas de entrega comprometidas (PONGSAKDI et al., 2006). O agendamento, assim, preocupa-se em encontrar a solução viável para atingir este objetivo (GÖTHE-LUNDGREN et al., 2002; ĆIRIĆ; GRUHN, 2002; PAN et al., 2009).

A gestão das atividades de curto prazo de um parque de tanques é uma tarefa árdua, pois o especialista precisa considerar questões referentes à topologia da planta, balanço de massas, políticas de transferência, limitações de recursos, padrões de demanda e comutações

(MONTIN et al., 2002; STEBEL et al., 2006). Além disso, o especialista também deve estar pronto para lidar com situações inesperadas e tomar ações reativas de forma rápida (RELVAS, 2007). Enquanto a carga de produção da refinaria pode variar, a capacidade de tancagem, em geral, permanece a mesma (STEBEL et al., 2006).

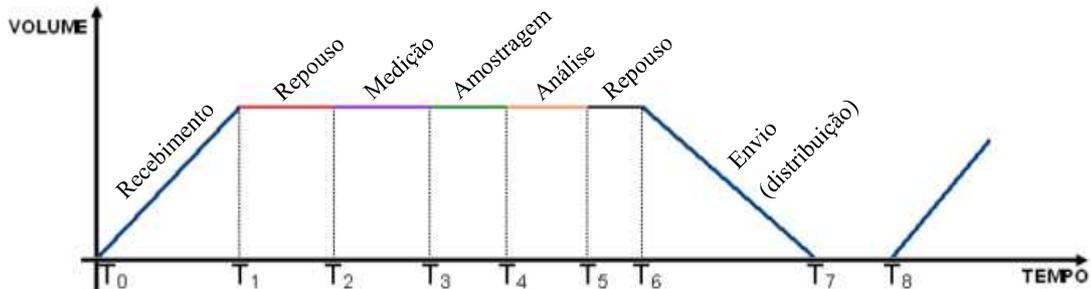
O agendamento de tancagem deve levar em conta questões referentes a restrições físicas, volume inicial do produto, restrições operacionais, taxas de fluxo, e demandas (LOWRY, 1988; STEBEL et al., 2006). Grosdidier (1997) analisou os dados de todos os tipos de gasolina produzidos por uma refinaria norte-americana durante um ano. Essa refinaria possui 400 tanques de armazenamento, com um volume médio de 12 milhões de litros por tanque, e uma capacidade da refinaria de processamento de 36 milhões de litros por dia. Ao final da análise, os custos calculados para a o *giveaway* de produtos finais durante o ano analisado foi de US\$ 4,1 bilhões. Esses custos foram originados devido a necessidade de remontagens de tanques para correção de produtos fora de especificação, custos de *demurrage* e, custos de inventário, custo de circulação dos produtos e, por fim, a entrega de produtos com especificações mais altas que o solicitado para atendimento de prazos contratuais.

Segundo Barbosa et al. (2010), em um parque de tanques existem diversos tanques para um mesmo produto, cada um em uma condição operacional diferente. Para definir as condições operacionais pelas quais cada tanque pode passar, os autores definiram um conjunto de sete etapas que ocorrem durante o enchimento e o esvaziamento de um tanque de armazenamento de produtos finais, denominado “Ciclo do tanque”. As sete etapas do ciclo são:

1. Recebimento de produto oriundo das unidades produtoras;
2. Período de repouso após o recebimento do produto para a realização da medição do produto recebido;
3. Realização da medição do produto recebido em tanque;
4. Amostragem do produto contido dentro do tanque;
5. Análise do produto amostrado dentro do tanque e emissão do certificado de qualidade;
6. Repouso do produto para garantia de qualidade, após emissão do certificado de qualidade;
7. Envio do produto contido dentro do tanque.

Com base nessas sete etapas Barbosa et al. (2010) definem a representação esquemática apresentada na Figura 9:

Figura 9 - Etapas do ciclo de um tanque



Fonte: adaptado de BARBOSA et al. (2010)

Os autores definem, também, denominações específicas para cada intervalo de tempo representado na figura, a saber:

- $T1 - T0$ = tempo de recebimento do produto ou TREC.
- $T2 - T1$ = tempo de repouso do produto após o recebimento ou TREP1.
- $T3 - T2$ = tempo gasto na medição do produto ou TMED.
- $T4 - T3$ = tempo de amostragem do produto após a medição ou TAMOST.
- $T5 - T4$ = tempo análise do produto após a amostragem ou TANA.
- $T6 - T5$ = tempo de repouso do produto após análise ou TREP2.
- $T7 - T6$ = tempo de envio do produto após o repouso ou TENV.

Além das definições acima, também é considerada uma etapa denominada TFOLGA para representar possíveis atrasos ou problemas que possam ocorrer durante qualquer uma das etapas. Desse modo, o tempo total de ciclo de um tanque, denominado por Barbosa et al. (2010) como TCICLO, pode ser expresso através da seguinte fórmula:

$$TCICLO = TREC + TREP1 + TMED + TAMOST + TANA + TREP2 + TENV + TFOLGA$$

Baseados nessas definições, Barbosa et al. (2010) definem um método de cálculo de dimensionamento da tancagem, denominado Modelo de Repetição do Ciclo de Tanque (MRCT), que possui três etapas claramente delineadas:

1. Análise do Estado dos Tanques: esta parte do método é responsável pela avaliação dos estados dos tanques (parado, recebendo, em preparo, enviando, vazio e cheio). Cada um desses estados é descritos a seguir:
 - a. Estado do tanque “Parado”: Estado de todo tanque que não está executando nenhuma atividade e que possa conter produto dentro dele ainda não preparado e nem em processo de preparação;
 - b. Estado do tanque “Recebendo”: Estado de todo tanque que está em processo de recebimento de produto;
 - c. Estado do tanque “Em Preparo”: Estado de todo tanque que está em processo de preparação ou certificação de produto;
 - d. Estado do tanque “Enviando”: Estado de todo tanque que está em processo de envio de produto;
 - e. Estado do tanque “Vazio”: Estado de todo tanque que o tanque se encontra sem produto armazenado, pronto para receber;
 - f. Estado do tanque “Cheio”: Estado de todo tanque que o tanque se encontra cheio de produto armazenado.
2. Análise do Recebimento de Produtos: endereça os aspectos referentes ao recebimento dos produtos nos tanques.
3. Análise do Envio de Produtos: considera os aspectos referentes ao envio do produto contido pelos tanques através do modal escolhido.

Com base nessas definições, foi elaborado o procedimento de avaliação do stress de parques de tancagem discutido nesse trabalho. Conforme descrito na seção inicial desta pesquisa, na revisão sistemática da literatura realizada no durante a etapa de conscientização sobre o problema em questão, não foram encontrados artigos que abordassem a gestão de parques de tancagem do ponto de vista estratégico ou que sugerissem critérios para a priorização de investimentos nesta área. O cálculo de stress em parques de tancagem pode ser um dos critérios utilizados e, com o apoio de um modelo que permitisse a identificação e priorização das variáveis prevalentes na formação dessas situações de stress, poder-se-ia direcionar os investimentos para os pontos do processo onde serão mais efetivos.

Nesse trabalho, foram utilizadas redes neurais artificiais para a construção desse modelo e, por isso, elas são o assunto da próxima seção.

2.3 REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS

Durante o processo de cálculo do stress do parque de tancagem, abordado no próximo capítulo, através da análise dos dados históricos de ocupação do tanque, pode-se gerar uma série de variáveis relativas ao processo. Essas variáveis não são utilizadas diretamente no cálculo do stress, mas podem ser deduzidas através da análise dos dados para a definição dos estados dos tanques.

Como esta pesquisa busca entender a relação entre essas variáveis, faz-se necessário o uso de um método quantitativo que possibilite identificar essas relações. É preciso, assim, escolher o método quantitativo mais adequado para o contexto deste estudo. Souza (2013) faz uma análise de métodos quantitativos disponíveis, conforme mostrado no Quadro 8.

Quadro 8 - Análise de métodos quantitativos

Método	Limitações
Séries Temporais	Não testam relações causais.
Equações Estruturais	Requerem amostras grandes em função dos diversos pré-requisitos inerentes aos tipos de técnicas de análise e procedimentos estatísticos empregados.
Análise de Regressão Linear	A abordagem quantitativa tradicional, baseada na análise de regressão linear múltipla, apesar de muito atrativa, pode ser problemática na prática devido à dificuldade em avaliar com precisão os efeitos da interação entre as variáveis.
	Não identifica as variáveis que tem o maior efeito nas variáveis dependentes.
Redes Neurais Artificiais	Permite a identificação da relação entre as variáveis, mesmo sem o conhecimento prévio dessas relações.
	Diferentemente da regressão linear, a análise das redes neurais artificiais não tem premissas quanto a distribuição das variáveis. Isso é, a análise da rede neural não tem as tradicionais premissas da análise de regressão de mínimos quadrados ordinários quanto a multicolinearidade, normalidade dos resíduos, heterocedasticidade e autocorrelação.
	Amostras pequenas não são problema para a análise de redes neurais. Mesmo para tamanhos de amostra pequenos, os resultados gerados pelas redes neurais apresentam desempenho melhor que os gerados por análises de regressão de mínimos quadrados ordinários.
	Diferentemente da regressão linear, a análise das redes neurais artificiais não tem requisitos quanto a relação entre variáveis dependentes e independentes. Isto é, a análise das redes neurais não requerem uma relação prévia entre variáveis dependentes e independentes.
	Não permitem interações entre as variáveis em caso de dados incompletos e/ou imprecisos

Fonte: Souza et al. (2014)

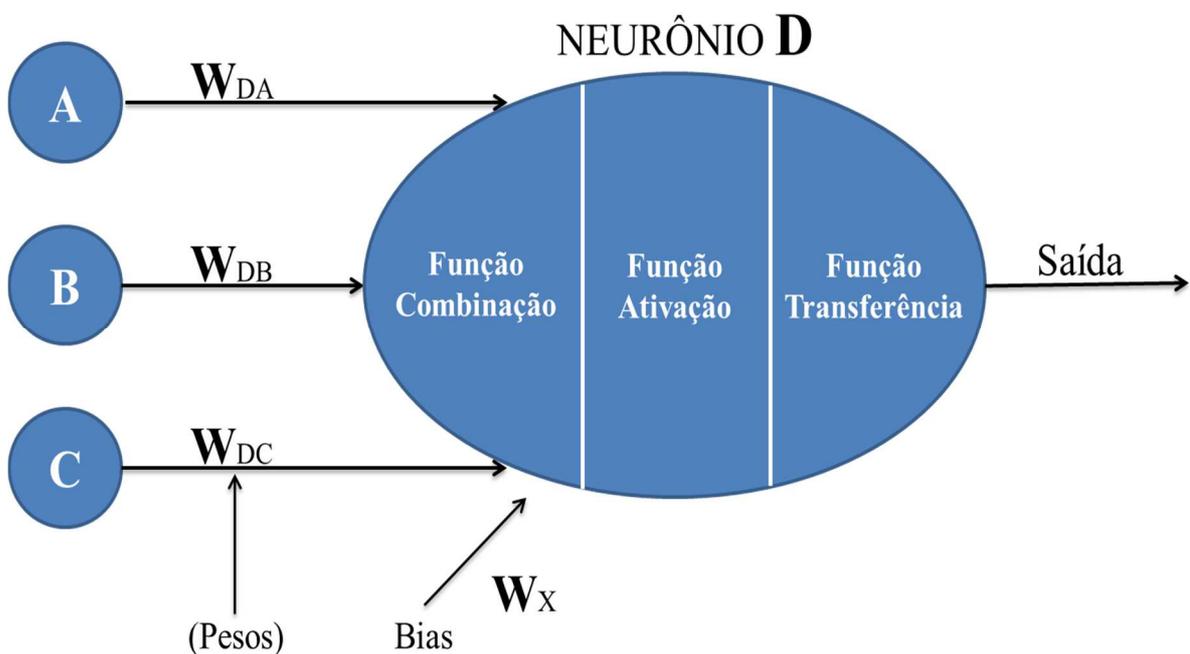
Dada a natureza deste trabalho, busca-se encontrar relações entre variáveis cuja interferência mútua é desconhecida. Assim, as redes neurais artificiais são o método mais adequado para a execução das análises necessárias.

As redes neurais artificiais podem contribuir de diversas formas com a indústria baseada em processos contínuos. Hussain (1999) provê uma revisão extensiva de várias aplicações que utilizam redes neurais artificiais para controle de processos químicos, tanto na parte de simulação quanto de implementação *online*. Meert & Rijckaert (1998) discutem a utilização de redes neurais artificiais para a modelagem da operação de um reator de polimerização, que envolve diversos problemas devido à dinâmica complexa do processo, fortes não-linearidades e interação entre variáveis do processo. Kittisupakorn et al. (2009) descrevem o desenvolvimento de um modelo baseado em redes neurais artificiais para controle preditivo de um processo de decapagem química de aço, o qual demonstrou melhor desempenho no controle do sistema do que o controlador Proporcional-Integral convencional em todos os casos testados.

A indústria petrolífera também se utiliza das redes neurais artificiais para resolução de problemas complexos. Fortuna et al. (2007) relatam a utilização de redes neurais artificiais para o desenvolvimento de uma ferramenta virtual para estimar o número de octanos na gasolina produzida por refinarias. BARRATI & VACCA (1995) descrevem a implantação de uma ferramenta baseada em redes neurais artificiais para monitoramento e controle de duas colunas de destilação, uma de separação de butano e outra de estabilização de gasolina, obtendo melhorias significativas na operação de ambas as torres. KARIMPOULI et al., (2010) desenvolveram um algoritmo baseado em redes neurais artificiais para predição da permeabilidade de reservatórios de petróleo, que é um fator crítico para a gestão e o desenvolvimento do reservatório. BOOZARJOMEHRY et al. (2005), compararam o uso de redes neurais artificiais com outros quatro métodos para avaliação de propriedades de substâncias no petróleo e obtiveram taxas de acerto superiores na maioria dos casos. FRATE et al. (1999) desenvolveram uma rede neural artificial para detecção de vazamentos de óleo com base na análise de imagens de satélite ERS-SAR (*European Remote Sensing - Synthetic Aperture Radar*), que são radares capazes de detectar mudanças de alturas de superfície com precisão submilimétrica.

Redes neurais artificiais são compostas de unidades interligadas, que simulam o comportamento de neurônios, sendo que a função das sinapses é modelada por pesos modificáveis, associados a cada conexão (HINTON, 1992). A forma como as conexões são estabelecidas e o peso de cada conexão determinam a forma que a rede neural irá desempenhar uma tarefa específica, uma vez que as conexões determinam a possibilidade de uma unidade influenciar a outra, e o peso da conexão especifica o peso dessa influência (HINTON, 1992).

Figura 10 - Exemplo de neurônio artificial

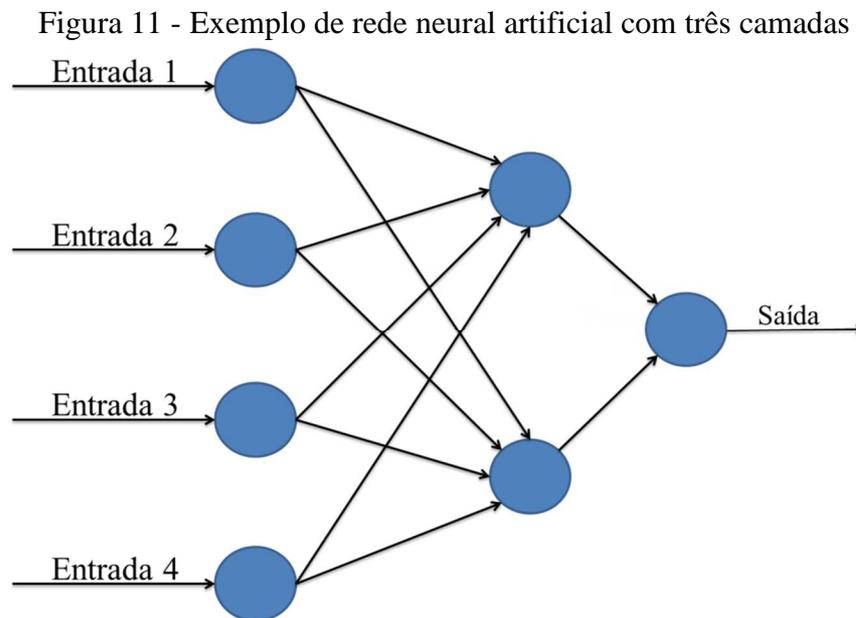


Fonte: adaptado de Corrar et al. (2007, p. 442)

Na Figura 10 pode-se ver um modelo de neurônio artificial. As entradas A, B e C podem ser tanto as entradas da rede (caso o neurônio esteja posicionado na camada de entrada) quanto as saídas de neurônios de camadas precedentes (caso o neurônio faça parte de uma camada intermediária). W_{da} , W_{db} e W_{dc} são os pesos (valores) pelos quais serão multiplicadas as entradas A, B e C, respectivamente. A Função Combinação recebe os valores resultantes da aplicação dos pesos às entradas e aplica uma função (geralmente uma soma) para gerar um valor total para a combinação dessas entradas. Esse valor é, então submetido a uma Função Ativação, a qual avalia o valor recebido e, caso ele ultrapasse um limiar lógico (*threshold*) pré definido, ativa o neurônio, produzindo uma saída que é repassada para a

camada seguinte através da Função Transferência. Caso o valor fique abaixo do limiar lógico, o neurônio não é acionado e não gera qualquer saída, ou seja, permanece inativo. Um Bias, outro elemento de entrada do neurônio, pode ser utilizado no processamento da rede como uma constante de uma equação (CORRAR et al., 2007). Dentre os vários tipos de redes neurais, segundo Souza (2013), o modelo mais robusto é o *Perceptron* Multicamada (MLP), por permitir a aproximação a funções não lineares.

O tipo mais comum de rede neural artificial consiste de três camadas de unidades: uma camada de entrada (que recebe a informação introduzida na rede), uma camada intermediária ou “escondida” (onde ocorre a maior parte do processamento) e uma camada de saída (que apresenta o resultado do processamento), sendo que as atividades de cada camada subsequente é determinada pela atividade da camada anterior e os pesos das conexões entre elas (HINTON, 1992). Não há interligação entre neurônios pertencentes a uma mesma camada (CORRAR et al., 2007). A Figura 11 mostra um exemplo de rede neural artificial de três camadas.



Fonte: adaptado Corrar et al. (2007)

Uma rede neural de três camadas pode ser ensinada através de três passos, que são repetidos até a rede ser considerada pronta: i) apresenta-se a rede um conjunto de dados de exemplo, para os quais sabe-se qual a saída desejada; ii) compara-se a saída da rede com a saída desejada e verifica-se o quão perto do ideal foi a resposta da rede; iii) muda-se os pesos

das conexões para que a rede produza um resultado mais próximo do desejado (HINTON, 1992).

Esse tipo de aprendizado é chamado de aprendizagem supervisionada (CORRAR et al., 2007). Um dos algoritmos que permite esse ajuste de pesos é chamado “retropropagação de erro” (*error backpropagation*) (HINTON, 1992), no qual o valor do erro é retroalimentado para ajustar os pesos da conexão entre os neurônios.

Assim, é necessário definir os parâmetros de treinamento para a rede, sendo que, neste trabalho, utilizar-se-a o mesmo critério adotado por Souza (2013). Optou-se, assim, pelo treinamento da rede através do cross-validation, de modo que uma parte dos dados são usados para treinamento, outra para teste, e outra para validação dos resultados. Os pontos fortes das redes neurais podem ser vistos no Quadro 9.

Quadro 9 - Pontos fortes das redes neurais

Pontos Fortes das Redes Neurais	
Não linearidade	As RNAs podem desenvolver mapas de limites de entradas e saídas altamente não lineares.
Informação contextual	Cada neurônio da rede é potencialmente afetado pela atividade global de todos os neurônios. Consequentemente a informação contextual é dada com naturalidade pela rede.
Tolerância a falhas	Quando uma rede neural está implementada em um hardware, seu desempenho reduz pouco sob condições operacionais adversas, como no caso de ter um neurônio danificado.
Flexibilidade	As redes neurais não pressupõem um modelo ao qual os dados devem ser ajustados, como é frequente em técnicas estatísticas. O modelo é gerado pelo processo de aprendizagem.
Uniformidade de análise e desenho	A mesma notação é utilizada em todos os setores que envolvem aplicações de RNA, pois em todas há neurônios e é possível compartilhar teorias e algoritmos de aprendizado.
Analogia neurobiológica	Como uma RNA tem analogia com o cérebro, há uma evidência de que o processamento paralelo tolerante a falhas é não somente possível fisicamente, como também rápido e poderoso. Neurobiologistas tem utilizado as RNAs como instrumento de pesquisa e os matemáticos têm estado atentos a novas idéias para resolver problemas complexos.

Fonte: adaptado de Corrar et al. (2007)

Assim, como o objetivo deste trabalho é entender qual o impacto das variáveis no nível de stress dos tanques, a relação entre estas variáveis, e quais as interações mais relevantes, avaliou-se que o método quantitativo mais indicado para atingir o objetivo proposto é uma rede neural artificial.

As variáveis a serem submetidas à análise da rede neural artificial são descritas no Capítulo 3. Nele também é apresentado o método da pesquisa, a forma como ela foi delimitada, e como os dados foram coletados e tratados. Também são apresentadas as delimitações desta pesquisa.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Segundo Andery et al. (2004), métodos de pesquisa são um conjunto de procedimentos e regras para a construção de conhecimento científico que são aceitos pela comunidade acadêmica. Assim, o observador precisa embasar em métodos e técnicas específicas sua forma de interação com o ambiente de estudo, utilizando a forma mais adequada à natureza da pesquisa e da realidade analisada (MIGUEL, 2007).

Os métodos em si também são fonte de discussão, sendo que as argumentações abrangem aspectos sobre indutivismo, dedutivismo, falibilidade, experimentação, entre outros (LACERDA et al., 2007). É preciso, portanto, estabelecer a adequação deste trabalho quanto a sua natureza e a realidade estudada. Neste capítulo, será descrito o método de pesquisa a ser utilizado neste trabalho. A seguir, é apresentado o delineamento da pesquisa nos termos dos seus objetivos, natureza, abordagem, entre outros aspectos. Após, é discutido o método que irá conduzir o estudo. Finalmente, são apresentados os atores e instrumentos para coleta de dados e as técnicas de análise dos dados obtidos.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa define o estudo sob diversos aspectos, e é necessário para garantir o alinhamento entre método de trabalho, unidades de análise, coleta de dados e análise de dados. Para classificar uma pesquisa segundo sua natureza, Silva e Menezes (2001) definem duas tipificações, sendo elas a pesquisa básica e a pesquisa aplicada. A primeira busca a geração de novos conhecimentos que contribuam para o avanço da ciência, sem ter uma aplicação prática em vista, e costuma tratar sobre verdades e interesses universais. Já a segunda, envolve a geração de conhecimentos voltados à aplicação prática, com o objetivo de solucionar problemas específicos e, assim, trata de verdades e interesses locais.

O presente trabalho busca a construção de uma ferramenta para determinação do stress de parques de tancagem, bem como de um método a ser utilizado para a identificação das variáveis prevalentes para essas situações. Ambas as ferramentas podem ter aplicação prática no mercado de petróleo, que é o foco deste estudo, especificamente na resolução de problemas relativos a gestão e dimensionamento de parques de tancagem. Trata-se portanto de uma pesquisa aplicada.

Além da natureza da pesquisa, Silva e Menezes (2001) propõem uma classificação quanto a abordagem do problema em estudo. Segundo eles, essa abordagem pode ser: i) quantitativa, quando busca traduzir em números as opiniões e informações para que se possa classificá-las e analisá-las, considerando que tudo pode ser quantificado; ii) qualitativa, quando aborda a interpretação de fenômenos e a atribuição de significados, sendo o ambiente natural a fonte direta da coleta de dados e o pesquisador o instrumento chave. Enquanto as pesquisas quantitativas envolvem o uso de técnicas estatísticas, as pesquisas qualitativas são descritivas e os dados são analisados indutivamente.

A determinação do stress de parques tancagem e suas variáveis prevalentes é realizado através da coleta de dados quantitativos e da classificação e análise das variáveis é feita também através da quantificação de seus impactos. Desse modo, esta pesquisa utiliza uma abordagem quantitativa.

Quadro 10 - Procedimentos Técnicos de Pesquisa

Procedimento Técnico	Conceito
Pesquisa Bibliográfica	Quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet.
Pesquisa Documental	Quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico.
Pesquisa Experimental	Quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.
Levantamento	Quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer.
Estudo de caso	Quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.
Pesquisa Expost-Facto	Quando o “experimento” se realiza depois dos fatos.
Pesquisa-Ação	Quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.
Pesquisa Participante	Quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas

Fonte: Souza (2013)

Gil (2002) classifica a pesquisa, segundo seus procedimentos técnicos, em: Bibliográfica, Documental, Experimental, Levantamento, Estudo de Caso, Pesquisa Expost-Facto, Pesquisa-Ação e Pesquisa Participante. O Quadro 10 foi adaptado por Souza (2013) com base nessas classificações.

Todos os pontos acima mencionados são comumente utilizados para o delineamento de pesquisas da graduação e pós-graduação. Recentemente, entretanto, uma nova abordagem vem ganhando força na área de Engenharia de Produção e Gestão.

Esta nova abordagem é baseada no trabalho de Simon (1996), que define os conceitos de “Ciência do Artificial” ou “Ciência do Projeto” – *Design Science (DS)*, sendo o método utilizado para construí-la denominado “pesquisa em Ciência do Projeto” ou “Design Science Research” (MANSON, 2006).

Segundo Simon (1996), a ciência natural é o conhecimento sobre objetos e fenômenos naturais. Assim, a ciência natural busca apreender e formalizar o conhecimento sobre como as coisas são e como elas funcionam, sejam elas fenômenos naturais ou sociais (LACERDA et al., 2013).

Já a ciência do artificial dá ênfase a objetos concebidos por pessoas e discutidos em termos de funções, objetivos e adaptações (SIMON, 1999). Desse modo, trata da maneira como esses objetos devem funcionar para atingir os objetivos para os quais foram concebidos (LACERDA et al., 2013).

Considerando-se a aplicação desses conceitos à gestão, enquanto a ciência natural busca entender as leis e forças que regem o funcionamento e o resultado do fenômeno organizacional (ROMME, 2003), a *Design Science* trata da concepção e validação de sistemas que ainda não existem, podendo criar, recombinar ou alterar produtos, processos, *softwares* e métodos para melhorar as situações existentes (LACERDA et al., 2013).

A *Design Science Research* apresenta-se como um processo rigoroso para o projeto de artefatos destinados a resolver problemas, avaliar a concepção do projeto ou do artefato em funcionamento e comunicar os resultados obtidos (ÇAĞDAŞ; STUBKJÆR, 2011). Entretanto, como os problemas das organizações costumam ser específicos, as soluções geradas pelo projeto podem não ser generalizáveis.

Segundo Aken (2004, p. 228), “ a *Design Science* não se preocupa com a ação em si mesma, mas com o conhecimento que pode ser utilizado para projetar as soluções”. Por isso, é preciso que a generalização das prescrições, bem como de seus artefatos, seja aplicável a uma “classe de problemas”. As classes de problemas permitirão que artefatos e as soluções por eles geradas não sejam uma resposta pontual e de aplicação restrita a um determinado contexto (VAN.AKEN, 2004).

Embora não exista uma definição conceitual ou proposição para a construção de uma classe de problemas, Lacerda et al. (2012, p. 9) definem classe de problemas como “a organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos, que contenha artefatos avaliados, ou não, úteis para a ação nas organizações”. Segundo os autores, esse conceito permite o tratamento de problemas teóricos (por exemplo, testar uma teoria na prática organizacional) e a formalização de artefatos já existentes numa organização e que precisam ser validados em outros ambientes. Além disso, permite que métodos tradicionais de pesquisa, tal como pesquisa-ação, estudo de caso, e modelagem, sejam utilizados para formalizar artefatos existentes.

Além disso, Lacerda et al. (2013), também propõem uma forma de construção de classes de problemas, baseada na revisão sistemática na literatura (LACERDA, 2009; GOUGH et al., 2012) para a busca e identificação de artefatos que buscam estabelecer soluções para o problema em análise. Com base nos resultados dessa pesquisa, pode-se, então, estabelecer o quadro de soluções empíricas conhecidas (SILVA & MENEZES, 2005).

Até o presente momento, foi realizada a revisão literária proposta e não foram encontrados artefatos que tratassem especificamente da resolução do problema desta pesquisa. Entretanto, ainda não foi estabelecida uma classificação para a solução aqui proposta.

Tendo-se entendido a definição de classe de problemas, faz-se necessário caracterizar os artefatos associados. Segundo Simon (1996, p. 28), artefatos são “objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações. São normalmente discutidos, particularmente durante a concepção, tanto em termos imperativos como descritivos”. Desse modo, “o cumprimento de um propósito, ou adaptação a um objetivo, envolve uma relação de três elementos: o propósito ou objetivo; o caráter do artefato; e o ambiente em que ele funciona” (SIMON, 1996, p. 28).

Artefatos podem ser definidos como: Constructos, Modelos, Métodos e Instanciações (MARCH & SMITH, 1995). As descrições dos tipos de artefatos podem ser observadas na Figura 12. Dos tipos apresentados, cabe analisar de maneira mais próxima os métodos e a instanciação. Os métodos “representam um conjunto de passos que devem ser obedecidos para que um resultado seja produzido em determinado ambiente externo”, enquanto as instanciações “informam como implementar ou utilizar determinado artefato ou a articulação de diversos artefatos para a produção de um resultado em um contexto” (LACERDA et al. 2013, p. 11). Os tipos de artefatos possíveis podem ser vistos na Figura 12.

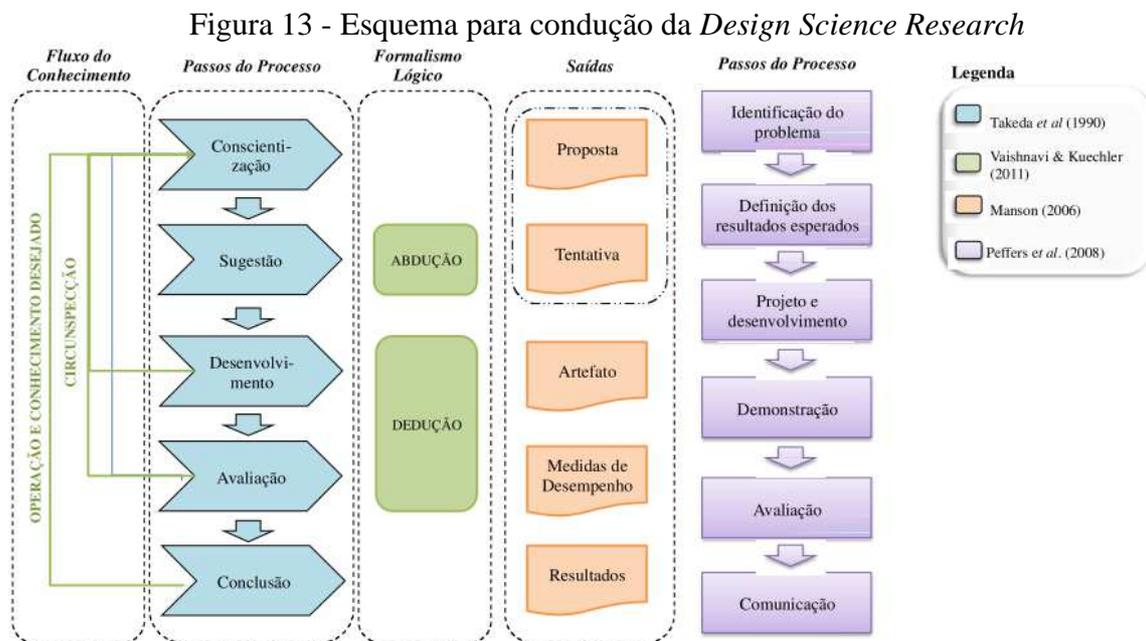
Figura 12 - Tipos de Artefatos

		Descrição
Tipos de Artefato	Constructos	Constructos ou conceitos formam o vocabulário de um domínio. Eles constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Conceituações são extremamente importantes em ambas as ciências, natural e de <i>design</i> . Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas. Eles podem ser extremamente valiosos para <i>designers</i> e pesquisadores.
	Modelos	Um modelo é um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de <i>design</i> , modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Cientistas naturais muitas vezes usam o termo 'modelo' como sinônimo de 'teoria', ou 'modelos' como as teorias ainda incipientes. Na <i>Design Science</i> , no entanto, a preocupação é a utilidade de modelos, não a aderência de sua representação à Verdade. Não obstante, embora tenda a ser impreciso sobre detalhes, um modelo precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
	Métodos	Um método é um conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Métodos baseiam-se em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Os métodos podem ser ligados aos modelos, onde as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe. Além disso, os métodos são muitas vezes utilizados para traduzir de um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema. Os métodos são criações típicas das pesquisas em <i>Design Science</i> .
	Instanciações	Uma instanciação é a concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

Fonte: Lacerda et al. (2013, p. 11), extraído de March & Smith (1995, p. 257-258)

As prescrições heurísticas propostas por Aken (2004) podem ser utilizadas como forma de expressão das instanciações (LACERDA et al., 2013). A lógica de uma heurística prescritiva proposta por Aken (2004, p. 227) é a seguinte: “Se você quer atingir Y em uma situação Z, então você deve realizar a ação X”. A analogia proposta por Lacerda et al. (2013, p. 12) para definir uma instanciação é: “Se é necessário atingir Y (Objetivo da Instanciação), em uma situação Z (Ambiente Externo), então você deverá utilizar X (Construto, Modelo ou Método – incluindo a forma de colocar em prática)”.

O presente estudo tem como principal objetivo a proposição de um modelo para a identificação e priorização das variáveis prevalentes na formação de situações de stress em parques de tancagem. Entretanto, para viabilizar esta análise, será necessária uma instanciação do método de cálculo de stress proposto pelo GMAP-UNISINOS (2011), que será uma ferramenta computacional desenvolvida especificamente para esse fim. Os dados resultantes dos cálculos realizados por esta ferramenta (nível de stress e valores das variáveis do processo) serão, então, submetidos a uma Rede Neural Artificial, com o objetivo de identificar e priorizar as variáveis prevalentes na formação do stress. Essa rede neural pode ser, assim, considerada uma instanciação do modelo proposto por este estudo. Tendo claras as definições quanto a classes de problemas e aos artefatos e suas tipologias, pode-se proceder para o entendimento do método de pesquisa da *Design Science Research*.



Fonte: Lacerda et al. (2012, p. 13) com base em Vaishnavi & Kuechler (2009); Takeda et al. (1990); Manson (2006); Peffers et al. (2007)

Não há, ainda, uma metodologia para condução de uma *Design Science Research* claramente definida e aceita. Lacerda et al. (2012, p. 13) propõem o esquema para a condução da pesquisa demonstrado na Figura 13, que reúne conceitos de em Vaishnavi & Kuechler (2009); Takeda et al. (1990); Manson (2006); Peffers et al. (2007).

A etapa de Conscientização aborda a compreensão da problemática envolvida, e seu principal resultado é “a definição e a formalização do problema a ser solucionado, suas

fronteiras (ambiente externo) e as soluções satisfatórias necessárias” Lacerda et al. (2012, p. 12).

A Sugestão trata das atividades de desenvolvimento de uma ou mais alternativas de artefato que possam solucionar os problemas (MANSON, 2006). A saída desta etapa é um conjunto de artefatos viáveis e a definição de um ou mais artefatos para serem desenvolvidos Lacerda et al. (2012, p. 12). Segundo Manson (2006, p.163) “este passo é essencialmente criativo, e é nessa fase que diferentes pesquisadores chegarão a diferentes propostas de *design*”.

Considerando-se essa subjetividade inerente ao processo, cabe considerar a distinção entre soluções ótimas (ideais) e soluções satisfatórias, explicitada por Simon (1996, p. 65): “uma decisão ótima em um modelo simplificado só raramente será ótima no mundo real. O tomador de decisão pode escolher entre decisões ótimas em um mundo simplificado ou decisões (suficientemente boas) , que o satisfazem, num mundo mais próximo da realidade”.

Nesse sentido, buscar-se-ão soluções que sejam suficientemente boas em situações em que a solução ótima está inacessível ou é de implantação inviável (SIMON, 1999). De acordo com Lacerda et al. (2012) pode-se obter a definição de um resultado satisfatório de duas maneiras: “i) o consenso entre as partes envolvidas no problema; ii) avanço da solução atual, comparativamente, às soluções geradas pelos artefatos anteriores”. É importante, aqui, que os critérios de aceitação das soluções estejam claros para todos os envolvidos e que existam justificativas para eles.

O Desenvolvimento abrange o processo de construção do artefato em si (MANSON, 2006), sendo este o momento em que o pesquisador irá construir o ambiente interno do artefato, segundo os objetivos e o ambiente externo caracterizados na etapa de Conscientização (SIMON, 1999). A constituição do artefato pode envolver diferentes formas de abordagem, tais como: algoritmos computacionais, protótipos, representações gráficas, maquetes em escala, entre outros, de modo que o principal resultado da etapa de Desenvolvimento é o artefato em estado funcional (LACERDA et al., 2013).

Como visto anteriormente, o conhecimento gerado para resolver um problema específico ou para desenvolver novos artefatos de ser passível de ser generalizado para uma

classe de problemas, permitindo a construção de um conhecimento útil que possa ser ampla e efetivamente aplicado pela sociedade (VAISHNAVI & KUECHLER, 2009; MARCH & SMITH, 1995; VENABLE, 2006; LACERDA et al., 2012).

A etapa de Avaliação é “o processo rigoroso de verificação do comportamento do artefato no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs a alcançar” (LACERDA et al., 2013, p. 14). Segundo (WORREN et al., 2002), o critério para validação de um artefato deve se fundamentar na filosofia pragmática. Uma teoria pragmaticamente válida deve conter três componentes principais (WORREN et al., 2002, p.1233): “O primeiro componente são proposições explícitas e causais da forma ‘se você fizer A, então B é provável que aconteça, dadas certas condições’”; “O segundo componente consiste de regras que os praticantes podem usar para testar a validade das afirmações causais”; “Terceiro, uma teoria pragmática precisa conter declarações explícitas de como os resultados são criados”.

Desse modo, é necessário: “i) explicitar o ambiente interno, o ambiente externo e os objetivos clara e precisamente; ii) explicitar como o artefato pode ser testado; iii) descrever os mecanismos que medem os resultados” (LACERDA et al., 2013). O resultado da etapa de Avaliação são o exposto acima e as medidas de desempenho alcançado como prova final da adequação do artefato. A Conclusão refere-se à formalização geral do processo e a comunicação às comunidades acadêmicas e científicas, conforme sintetizado na

Figura 14.

O passo final, a Comunicação, segue a proposição de Peffers et al. (2008). Aqui, Lacerda et al. (2013) destacam as possíveis dificuldades em termos de divulgação no meio acadêmico pois muitos periódicos de Engenharia de Produção ou Gestão, ainda arraigados aos paradigmas de pesquisa das ciências naturais, resistem em aceitar estudos baseados na *Design Science Research*. Entretanto, March e Smith (1995), Simon (1996), Romme (2003), Aken (2004) argumentam quanto a inexistência de oposição entre as ciências naturais e a *Design Science Research*, inclusive destacando os benefícios do uso conjunto de ambas as abordagens, de acordo com os objetivos da pesquisa. A

Figura 14 apresenta instruções gerais para a condução e avaliação de uma *Design Science Research*.

Figura 14 - Instruções gerais para a Condução/Avaliação da *Design Science Research*

Instrução	Descrição
<i>Design</i> como Artefato	A pesquisa fundamentada em <i>Design Science</i> deve produzir um artefato viável, na forma de um constructo, modelo, método e/ou uma instanciação.
Relevância do Problema	O objetivo da pesquisa fundamentada em <i>Design Science</i> é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas gerenciais importantes e relevantes.
Avaliação do <i>Design</i>	A utilidade, qualidade e eficácia do artefato devem ser, rigorosamente, demonstradas por meio de métodos de avaliação bem executados.
Contribuições do <i>Design</i>	Uma pesquisa fundamentada em <i>Design Science</i> deve prover contribuições claras e verificáveis nas áreas específicas dos artefatos desenvolvidos, e apresentar fundamentação clara em fundamentos de <i>design</i> e/ou metodologias de <i>design</i> .
Rigor da Pesquisa	A pesquisa em <i>Design Science</i> é baseada em uma aplicação de métodos rigorosos, tanto na construção como na avaliação dos artefatos.
<i>Design</i> como um Processo de Pesquisa	A busca por um artefato eficaz e efetivo exige a utilização de meios que sejam disponíveis, para alcançar os fins desejados, ao mesmo tempo em que satisfaz as leis que regem o ambiente em que o problema está sendo estudado.
Comunicação da Pesquisa	A pesquisa em <i>Design Science</i> deve ser apresentada tanto para o público mais orientado à tecnologia quanto para aquele mais orientado à gestão.

Fonte: Lacerda et al. (2013, p. 15)

A possibilidade de utilização dos Estudos de Caso na formalização de artefatos que possam ser entendidos, formalizados e avaliados em diferentes contextos é um dos argumentos utilizados por Aken (2004) ao defender a integração das abordagens. Da mesma forma, a Pesquisa-Ação também pode atender a este propósito, de modo que, tanto o Estudo de Caso quanto a Pesquisa-Ação podem ser posicionados como instrumentos de pesquisa da *Design Science Research* (LACERDA et al., 2013).

Como esse trabalho tem por objetivo projetar um modelo prescritivo, considerou-se a *Design Science Research* o método de pesquisa mais adequado. Essa pesquisa não poderia ser conduzida na forma de uma pesquisa-ação, uma vez que não prevê a colaboração pesquisador-pesquisado, que é obrigatória em pesquisas desse tipo. Também não poderia ser um estudo de caso pois não se limita apenas a entender como as coisas são ou se comportam, mas sim em explicitar como elas deveriam ser e, por isso, também pode ser classificada como prescritiva.

A Figura 15 traz uma comparação entre a *Design Science Research*, o Estudo de Caso e a Pesquisa-Ação, permitindo entender as particularidades de cada uma.

Figura 15 - Comparativo entre a *Design Science Research*, o Estudo de Caso e a Pesquisa-Ação

Características	<i>Design Science Research</i>	Estudo de Caso tradicional	Pesquisa-Ação tradicional
Objetivos	Desenvolver artefatos que permitam soluções satisfatórias aos problemas práticos.	Auxiliar na compreensão de fenômenos sociais complexos.	Resolver ou explicar problemas de um determinado sistema gerando conhecimento para a prática e para a teoria
	Prescrever e Projetar	Explorar, Descrever e Explicar	Explorar, Descrever e Explicar
Principais Atividades	<ul style="list-style-type: none"> - Conscientizar - Sugerir - Desenvolver - Avaliar - Concluir 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir Estrutura Conceitual - Planejar o (s) caso(s) - Conduzir Piloto - Coletar Dados - Analisar Dados - Gerar Relatório Miguel (2007, p. 221)	<ul style="list-style-type: none"> - Planejar a Ação - Coletar Dados - Analisar dados e Planejar ações - Implementar Ações - Avaliar Resultados - Monitorar (Contínuo) Turriani & Mello (2010)
Resultados	Artefatos (Constructos, Modelos, Métodos, Instanciações)	Constructos Hipóteses Descrições Explicações	Constructos Hipóteses Descrições Explicações Ações
Tipo de Conhecimento	Como as coisas deveriam ser	Como as coisas são ou como se comportam	Como as coisas são ou como se comportam
Papel do Pesquisador	Construtor e Avaliador do Artefato	Observador	Múltiplo, em função do Tipo de Pesquisa-Ação
Base Empírica	Não obrigatória	Obrigatória	Obrigatória
Colaboração Pesquisador-Pesquisado	Não obrigatória	Não obrigatória	Obrigatória
Implementação	Não obrigatória	Não se Aplica	Obrigatória
Avaliação dos Resultados	Aplicações Simulações Experimentos	Confronto com a Teoria	Confronto com a Teoria
Abordagem	Qualitativa e/ou Quantitativa	Qualitativa	Qualitativa

Fonte: (LACERDA et al., 2013)

O Quadro 11 sintetiza o delineamento dessa pesquisa de acordo com as dimensões expostas até o momento.

Quadro 11 - Síntese do Delineamento da Pesquisa

Dimensão	Enquadramento
Natureza	Aplicada
Objetivos	Prescrever e Projetar
Abordagem	Quantitativa
Método de Pesquisa	Design Science Research

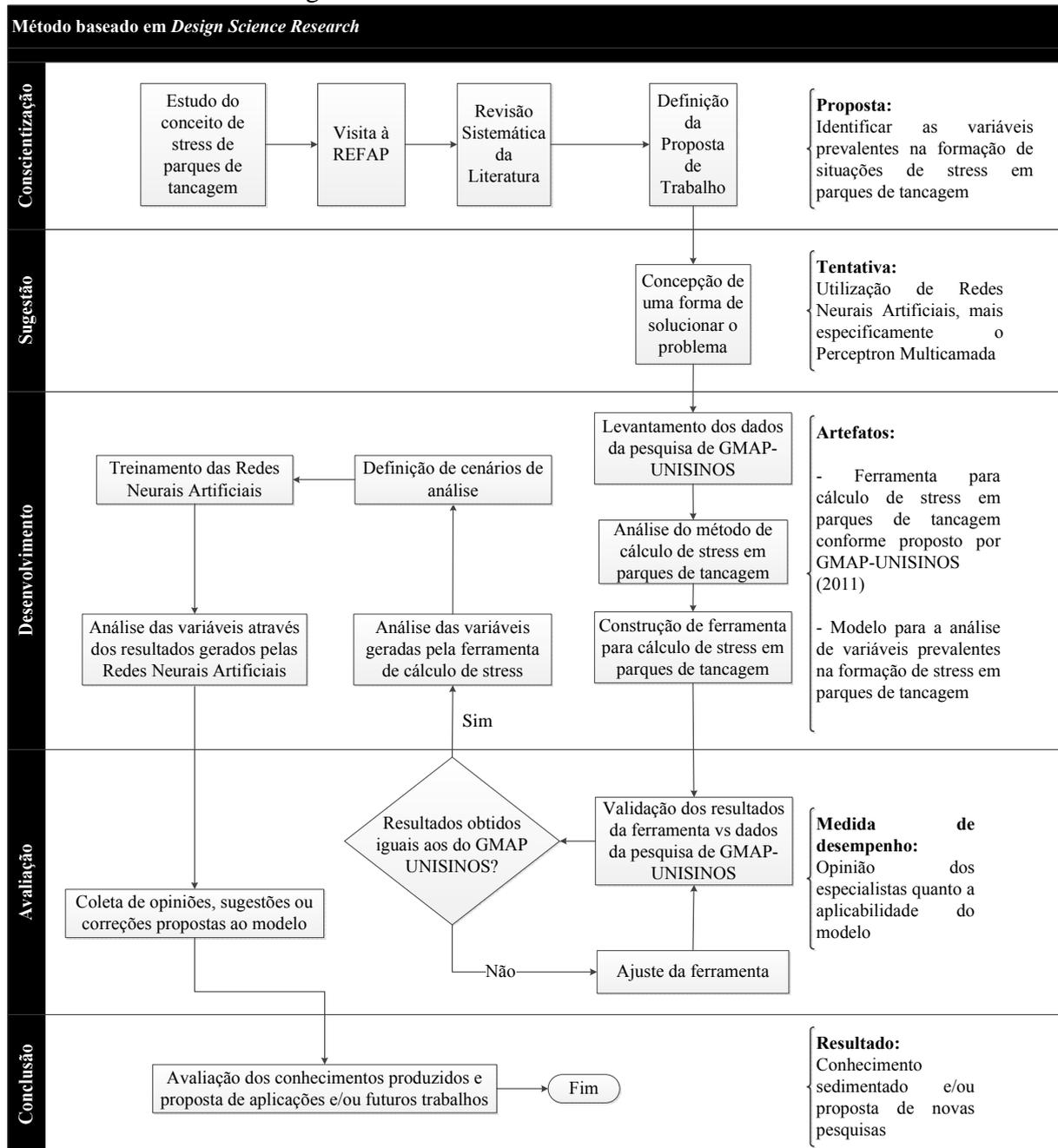
Fonte: elaborado pelo autor.

As dimensões utilizadas são aquelas consideradas relevantes e necessárias para a próxima seção, que trata do método de trabalho. A seguir, apresenta-se o método de trabalho que será seguido nesta pesquisa.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

A Figura 16 ilustra os procedimentos que compõem o método de trabalho.

Figura 16 - Estrutura do Método de Trabalho



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com Marconi & Lacatos (2010), método é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite a geração de conhecimentos válidos. Busca assim, traçar o caminho a ser seguido para que o trabalho possa ser conduzido com segurança e economia,

propiciando a detecção de erros e auxiliando a tomada de decisão do pesquisador. O método de trabalho seguido nesta pesquisa é composto por seis etapas: Conscientização, Sugestão, Desenvolvimento, Avaliação, Conclusão e Comunicação.

3.2.1 Conscientização

A primeira etapa do método consiste nas atividades necessárias para o entendimento e delimitação do problema, incluindo a busca por referências sobre o assunto. Para isso, a primeira atividade realizada foi o estudo do conceito de stress em parques de tancagem. Esta etapa envolveu uma visita ao Grupo de Pesquisa em Modelagem para Aprendizagem da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (GMAP-UNISINOS). Este encontro, que foi o primeiro contato do autor com a temática do stress em parques de tancagem, consistiu numa apresentação sobre o assunto e a importância do tema. Além disso, foram discutidas as oportunidades de pesquisa para a evolução no conhecimento sobre o tema.

Foi realizada, também uma visita à Refinaria Alberto Pasqualini (REFAP). Com o apoio do GMAP, foi agendada uma visita guiada à REFAP, visando a observação da realidade em estudo. A REFAP foi escolhida pela facilidade de acesso e proximidade à universidade.

Em seguida, procedeu-se com uma revisão sistemática da literatura, que foi realizada seguindo o procedimento proposto por Lacerda (2009). Nessa etapa, pesquisou-se sobre a temática de gestão e capacidade de parques de tancagem em bases de conhecimento nacionais e internacionais. O objetivo desta pesquisa era a busca por trabalhos similares a esta pesquisa e a identificação dos problemas e suas soluções, e de oportunidades de pesquisa.

Com base nos conhecimentos obtidos nas etapas anteriores, buscou-se definir uma proposta de trabalho que viesse a contribuir com o conhecimento existente sobre o objeto de estudo em questão. Nessa pesquisa, verificou-se que os estudos sobre procedimentos de planejamento e agendamento de produção em refinarias não abordavam em profundidade a gestão dos parques de tancagem. Além disso, os modelos propostos por outros autores apresentam dificuldades para trabalhar com as incertezas do processo produtivo.

Desse modo, considerando o conhecimento já existente sobre o cálculo de variáveis referentes ao ciclo de operação de tanques presente no estudo do GMAP | UNISINOS (2011), optou-se pela pesquisa das variáveis prevalentes na formação de situações de stress em

parques de tancagem. Assim, aqui, foram definidos o problema de pesquisa e o objetivo geral desse trabalho.

3.2.2 Sugestão

A segunda etapa da pesquisa, denominada “Sugestão”, envolveu a definição dos artefatos passíveis de serem utilizados para a solução do problema. Para que se possa analisar como as variáveis influenciam a formação de stress em parques de tancagem, é necessário, em primeiro lugar, que se tenha uma forma de gerar as informações sobre stress e o cálculo das variáveis necessárias. Assim, definiu-se que um dos artefatos a serem desenvolvidos seria uma ferramenta para a determinação do nível de stress de um parque de tancagem e o cálculo das variáveis a serem analisadas.

Para que fosse possível confiar nos resultados apresentados pela ferramenta desenvolvida, era preciso ter certeza de que esses resultados fossem rigorosamente idênticos aos resultados obtidos pelo método desenvolvido no trabalho do GMAP-UNISINOS (2011). Por isso, definiu-se que os resultados gerados pela ferramenta seriam validados através da comparação com os resultados do método do GMAP-UNISINOS. Como os resultados do estudo do GMAP-UNISINOS foram validados com a área técnica da Empresa X na época da execução do projeto, considera-se que esses resultados são apropriados.

Nesse momento foram avaliados os possíveis métodos para identificação das variáveis prevalentes na formação de situações de stress de tancagem. Como já explicado, o uso de Redes Neurais Artificiais foi considerado o método estatístico mais adequado para este estudo, uma vez que permite a identificação de relações entre variáveis mesmo sem o prévio conhecimento de como se dão essas relações. Assim, foi definido que outro artefato a ser gerado seria um modelo para a análise das variáveis prevalentes na formação de situações de stress em parques de tancagem.

Assim, após as definições acima descritas, foram definidos os objetivos específicos deste estudo.

3.2.3 Desenvolvimento

Na terceira etapa, “Desenvolvimento”, foram construídos os artefatos definidos na etapa anterior, seguindo os critérios técnicos aplicáveis aos tipos de artefatos escolhidos. Para

que se pudesse entender o processo de cálculo de stress em parques de tancagem, foram buscados, junto ao GMAP-UNISINOS, as memórias de cálculo referentes ao projeto realizado pelo grupo, bem como todos os dados de leituras de tanques utilizados. Tal procedimento evitou a necessidade de levantar novamente os dados junto à Empresa X, agilizando o processo de desenvolvimento. A coleta de dados para a análise foi realizada durante o projeto realizado pelo GMAP-UNISINOS na Empresa X, em 2011. Para que se pudesse reutilizar os dados em posse do GMAP-UNISINOS, foi obtida a autorização formal da Empresa X, através da assinatura de um termo de confidencialidade. Esses dados e os resultados das análises realizadas durante o trabalho realizado foram verificados em conjunto com a equipe de técnicos da Empresa X e considerados válidos à época do projeto do GMAP-UNISINOS. Como o procedimento para análise dos dados não depende de fatores temporais, foram utilizados os mesmos dados levantados anteriormente. Esse reuso, além de garantir que os dados analisados são íntegros, também evitou o trabalho adicional de coleta. Durante o cálculo do stress em parques de tancagem, o algoritmo computacional consegue calcular, automaticamente, uma série de variáveis relativas a todos os tanques do parque analisado. Essas variáveis são listadas neste capítulo.

Em seguida, realizou-se uma análise do método de cálculo de stress em parques de tancagem. Nesse momento o procedimento de cálculo proposto pelo GMAP-UNISINOS (2011), bem como os procedimentos para normalização e discretização dos dados e a geração das variáveis a serem analisadas nestes estudo foram analisados. Com isso, entendeu-se o raciocínio empregado no método e avaliou-se se ele poderia ser avançado considerando-se o conhecimento adquirido na revisão sistemática da literatura realizada. Também se pretendia entender como inserir no procedimento o cálculo de novas variáveis, caso elas viessem a ser identificadas.

Procedeu-se, então, com a construção de ferramenta para cálculo de stress em parques de tancagem, que é um dos objetivos específicos do projeto. Quando da realização do estudo do (GMAP | UNISINOS, 2011), após o desenvolvimento do método para cálculo do stress em parques de tancagem, o GMAP | UNISINOS desenvolveu um protótipo de ferramenta de cálculo semi-automática numa planilha eletrônica que, no momento da realização do projeto, era suficiente para demonstrar o funcionamento do método e avaliar os resultados. Com base nessa planilha, a Empresa X implementou a ferramenta que hoje utiliza internamente. Nesse

estudo, foi implementada uma versão automática desta ferramenta em um software, de modo a facilitar a realização deste e de outros estudos da temática que venham a acontecer futuramente. Essa ferramenta calcula as mesmas variáveis geradas na planilha eletrônica citada.

Quando existiram divergências entre os resultados da ferramenta deste trabalho e os resultados da planilha eletrônica do estudo do GMAP-UNISINOS (2011) a ferramenta foi corrigida e os cálculos refeitos e validados novamente. Esse ciclo se repetiu até que os resultados do stress calculado e os valores das variáveis geradas fossem coerentes entre as ferramentas.

Tendo as variáveis calculadas corretamente, procedeu-se com a análise das variáveis geradas pela ferramenta de cálculo de stress. Dessa análise, resultou a decisão de classificar as variáveis em categorias, conforme explicado no decorrer deste capítulo. Após a classificação em categorias, foram definidos cenários para a análise das variáveis. As variáveis foram agrupadas em cinco cenários. Os tanques passam por ciclos de enchimento e esvaziamento que podem ocorrer dentro ou fora de um ciclo de qualidade. Parte das variáveis calculadas refere-se aos ciclos de qualidade, e a outra parte refere-se a todos os ciclos (com ou sem qualidade). Com isso, estabeleceu-se as dimensões “Com Qualidade”, na qual foram incluídas às movimentações de tanques dentro de ciclos com qualidade, e “Sem Qualidade (Volumétrico)”, que se referem a todas as variações de volume dos tanques, dentro ou fora de um ciclo de qualidade. Além disso, também foi feita a divisão das variáveis levando em consideração se elas se referiam aos dados coletados ou se eram percentuais calculados com base no valor de outras variáveis. Com isso, foram criadas as dimensões “Absoluto”, na qual foram incluídas as variáveis que se referiam diretamente aos dados coletados e a dimensão “Relativo”, na qual foram colocadas as variáveis que calculadas a partir da relação entre dados absolutos. Do cruzamento dessas dimensões, foram criados cinco cenários: “Com Qualidade - Absoluto”, “Com Qualidade – Relativo”, “Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto”, “Sem Qualidade (Volumétrico) - Relativo”. Além disso, foi considerado mais um cenário, denominado “Todos”, contendo todas as variáveis.

O passo seguinte foi o treinamento das redes neurais artificiais. Nele, foram treinadas as redes neurais artificiais utilizadas para a identificação das variáveis prevalentes na

formação de situações de stress em parques de tancagem. Para isso, os dados gerados pela ferramenta de cálculo de stress em parques de tancagem foram agrupados nos cenários definidos, e submetidos às redes neurais artificiais. Desse modo, foram identificadas as variáveis prevalentes na formação das situações de stress em cada cenário. Conforme visto no referencial teórico deste trabalho, é necessário definir a taxa de aprendizado das redes. Procedimentos heurísticos e experimentais são os mais utilizados para a seleção ótima da taxa de aprendizagem a ser utilizada (SOUZA, 2013). Assim como no trabalho de Souza (2013) foi utilizada a técnica *cross-validation*, na qual uma amostra é dividida em épocas de tamanhos iguais. Esta técnica é uma maneira padronizada de prever erros em um processo de treinamento. Para a divisão da base de dados em épocas de mesmo tamanho, foi utilizado o software SPSS, que através do comando “*mini batch*” divide a amostra e ajusta os pesos das conexões da rede após a passagem individual de cada época. Com isso, buscou-se a redução do erro médio ao quadrado de toda a rede.

Os resultados dos cenários, então, foram comparados e as variáveis foram classificadas conforme seu grau de influência em cada cenário e documentadas nos resultados do trabalho. Conforme aqui descrito, ao final do processo de desenvolvimento foram gerados dois artefatos: uma ferramenta para o cálculo de stress em parques de tancagem e um modelo para a análise das variáveis prevalentes na formação de situações de stress em parques de tancagem.

3.2.4 Avaliação

Na etapa de “Avaliação” foram validados os artefatos produzidos na fase de desenvolvimento. À época do estudo do GMAP-UNISINOS (2011), os resultados foram validados estatisticamente através de análise ANOVA e apresentados à área técnica da Empresa X. Nessa apresentação, foram validados quanto aos valores gerados e a situação dos parques no período analisado. Assim, garantiu-se que os resultados daquele estudo eram consistentes com a realidade.

A ferramenta gerada pela presente pesquisa foi validada através da submissão dos dados coletados no estudo realizado pelo GMAP-UNISINOS (2011). Após, os resultados foram comparados, de modo a validar a coerência dos resultados da ferramenta desenvolvida com os resultados obtidos através do cálculo realizado pela planilha eletrônica daquele estudo.

Foram comparados tanto os resultados do cálculo de stress quanto os valores das variáveis geradas

Após, o modelo gerado foi discutido com o orientador e o co-orientador do trabalho. Ambos contribuíram com suas observações em relação ao modelo apresentado. Todas as contribuições foram coletadas, documentadas e analisadas para a proposição de correções no modelo gerado ou a proposição de novas funcionalidades para futuros trabalhos.

Estava prevista, também, a realização de uma reunião de avaliação dos resultados com a área técnica da Empresa X. Isso seria feito para validar a coerência dos resultados com a prática observada pelos especialistas e discutir as possíveis aplicações dos artefatos em empresas. Essa avaliação, entretanto, não foi possível por questões de prazo para conclusão desta pesquisa.

Desse modo, ao final dessa etapa, obtiveram-se os artefatos validados quanto a sua aplicabilidade para a resolução de problemas práticos.

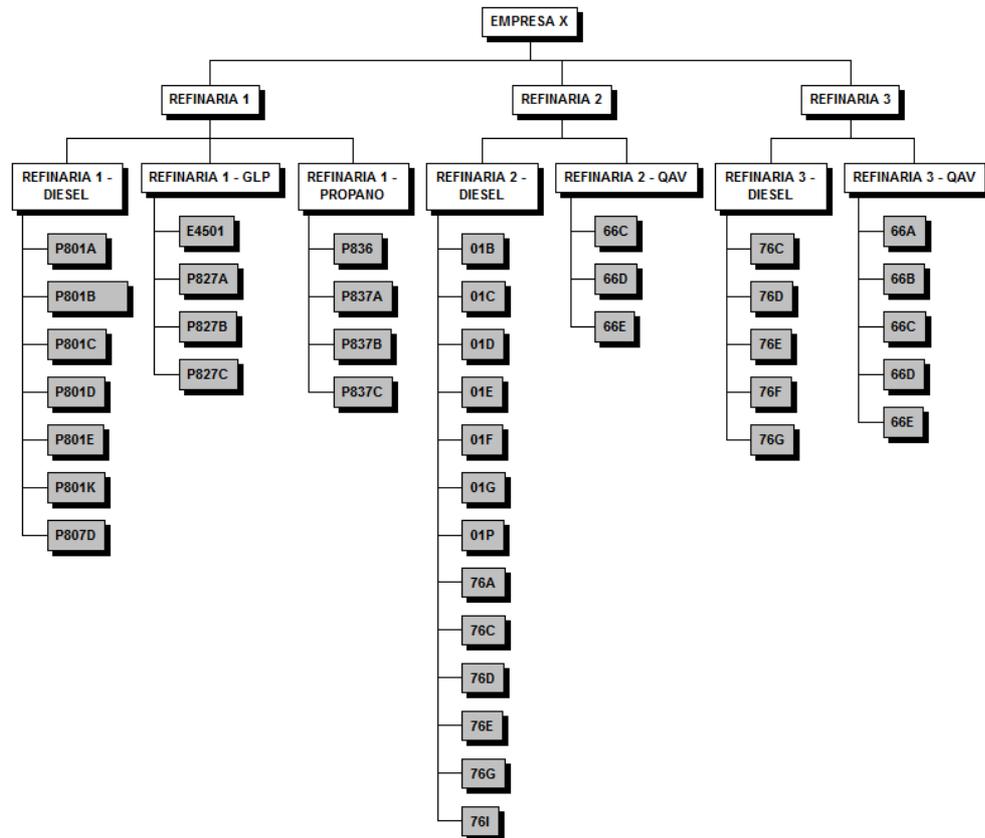
3.2.5 Conclusão

Na etapa de “Conclusão” o processo utilizado é formalizado e todos os aspectos relevantes para garantia do rigor metodológico são registrados. O resultado dessa formalização está consolidado neste trabalho para a posterior divulgação às comunidades acadêmicas e profissionais. Também são propostas aplicações para os artefatos gerados, bem como serão feitas sugestões para futuros trabalhos relativos ao tema estudado. A próxima seção apresenta a forma como os dados foram coletados e tratados.

3.3 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Para o levantamento dos dados a serem analisados nesse estudo, foi feita uma análise das movimentações de tanques e do stress dos parques de tancagem ao qual eles pertenciam.. Os parques e os tanques analisados são mostrados na Figura 17.

Figura 17 - Parques e tanques analisados



Fonte: elaborado pelo autor com base em GMAP-UNISINOS (2011)

No total, foram analisados sete parques de tancagem e quarenta e um tanques. Visando um melhor entendimento da operação de uma refinaria e seus parques de tancagem, foi agendada, com o apoio do GMAP-UNISINOS, uma visita guiada à REFAP. Nessa oportunidade, o autor deste estudo obteve uma explicação sobre a logística de recebimento de óleo cru, o processo de refinamento, a gestão do armazenamento e a distribuição dos produtos derivados para o mercado. Foi possível, também, realizar uma observação em campo, visitou os parques de tancagem, observou os oleodutos e, inclusive, subiu ao topo de um dos tanques. Após essa etapa, foi realizada uma visita ao Centro de Controle da REFAP, de onde é feita a gestão das operações de recebimento, refino, armazenamento e transferência dos produtos.

Para a realização desse estudo, na coleta e tratamento dos dados, optou-se por segregar as informações por parques de produtos, ou seja, cada parque foi analisado individualmente, uma vez que, por se tratarem de produtos diferentes em diferentes refinarias, poderiam estar sujeitos a políticas de gestão diversas.

Os dados coletados foram obtidos junto à Empresa X e referiam-se aos registros das movimentações, níveis de estoques e manutenções dos tanques a serem analisados. As informações relativas às movimentações traziam as seguintes informações: código do tanque, operação realizada (recebimento, envio ou amostragem), produto movimentado, data e hora da movimentação, e uma descrição da operação, denominada de operação lógica (transferência interna, venda nacional, etc.). Um exemplo do formato em que as informações de movimentações eram recebidas pode ser visto no Quadro 12.

Quadro 12 - Formato original das informações de movimentação de um tanque

Tanque	Operação	Produto	Data Hora	Operação Lógica
275P999A	P999A <== 275P888D	OLEO DIESEL A S1800	8/7/10 22:45	TRANSFERENCIA INTERNA
275P999A	P999A <== 275777	OLEO DIESEL A S1800	12/7/10 5:50	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO
275P999A	P999A ==> OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	12/7/10 7:45	SEPARADOR DE AGUA E OLEO
275P999A	AMOSTRADO	OLEO DIESEL A S1800	13/7/10 8:30	VENDA NACIONAL cert: 0666 19/07/10

Fonte: elaborado pelo autor

As informações relativas aos níveis de estoque de um tanque continham as seguintes informações: código do tanque, data e hora da leitura do estoque, espaço disponível no momento da leitura, e produto armazenado. Um exemplo do formato em que as informações de estoque eram recebidas pode ser visto no Quadro 13.

Quadro 13 - Formato original das informações de níveis de estoque de um tanque

Tanque	Data Hora	Estoque	Espaço	Produto
P999A	8/7/10 10:00	-	19.359,12	OLEO DIESEL A S1800
P999A	8/7/10 10:20	100,51	19.181,81	OLEO DIESEL A S1800
P999A	8/7/10 11:00	275,51	19.004,50	OLEO DIESEL A S1800
P999A	8/7/10 13:00	362,99	18.915,84	OLEO DIESEL A S1800
P999A	8/7/10 14:00	628,63	18.646,58	OLEO DIESEL A S1800
P999A	8/7/10 15:00	1.731,07	17.531,74	OLEO DIESEL A S1800

Fonte: elaborado pelo autor.

Já os dados relativos às situações operacionais dos tanques traziam informações relativas às manutenções do tanque traziam os dados relativos ao órgão ao qual o tanque pertence, o código do tanque, a data de início da situação operacional, a data de término da situação operacional, e a descrição da situação operacional. Um exemplo do formato em que as informações de estoque eram recebidas pode ser visto no

Quadro 14.

Quadro 14 - Formato original das informações de situação operacional de um tanque

Orgão	Tanque	Início	Término	Situação Operacional
REFINARIA 1	P999A	03/03/09 11:32	29/06/10 13:56	MANUTENCAO
REFINARIA 1	P999A	29/06/10 13:56	02/07/10 15:38	OPERACAO
REFINARIA 1	P999A	02/07/10 15:38	05/07/10 09:57	PRE MANUTENCAO
REFINARIA 1	P999A	05/07/10 09:57	12/11/10 08:58	OPERACAO
REFINARIA 1	P999A	12/11/10 08:58	23/12/10 10:27	PRE MANUTENCAO
REFINARIA 1	P999A	23/12/10 10:27		OPERACAO

Fonte: elaborado pelo autor

Finalizada a coleta dos dados, para que se pudessem realizar as análises necessárias, foi preciso tratar os dados coletados, uma vez que foram identificadas situações inconsistentes nas informações de movimentação que poderiam comprometer as análises. Essas inconsistências podiam ser de dois tipos: movimentações de amostragem sem a data hora de fim e vendas de produtos realizadas dentro do período de amostragem.

A ocorrência dessas inconsistências é possível uma vez que as informações são imputadas de forma manual nos sistemas. Assim, após finalizado o período de amostragem e feita a liberação para a venda, é possível que o registro da informação de liberação seja feito após a realização da venda (o que pareceria uma venda feita dentro de um período de amostragem), ou mesmo que a informação não seja registrada. É possível, também, que a amostra retirada não tenha sido analisada, por qualquer motivo.

Desse modo, para o primeiro caso, optou-se tratar os dados colocando a data e hora de encerramento da amostragem como tendo ocorrido trinta minutos antes da data e hora de início da movimentação de venda. A opção por trinta minutos ocorreu por garantir que esses horários não se sobreporiam novamente nos passos posteriores, que serão explicados adiante. Quanto ao segundo caso, optou-se por eliminar os registros de amostragem sem registro de data e hora finas, uma vez que não haveria como determinar se elas, de fato, ocorreram.

Os dados relativos a movimentações, níveis de estoque e situações operacionais, para todos os tanques considerados neste estudo, cobriram o período de um ano, de 01/01/2010 a 31/12/2010. O motivo para a utilização deste período é de que, quando da realização do trabalho desenvolvido pelo GMAP-UNISINOS (2011), esse foi o período analisado. Assim, como se desenvolveu uma ferramenta para implementar os mesmos cálculos propostos no método do GMAP-UNISINOS, a utilização do mesmo período de dados permitiu a

comparação entre os resultados obtidos pelo GMAP-UNISINOS e a ferramenta desenvolvida nesse estudo.

Entretanto, apesar de estarem todas contidas em um mesmo período de tempo, as informações, mesmo que para um único tanque, referem-se a diferentes instantes dentro desse período. Para que se pudesse entender a situação de cada tanque num determinado momento do tempo e poder compará-la com a situação dos demais tanques foram realizados três passos de tratamento dos dados.

Como primeiro passo, optou-se por, para cada tanque, discretizar e consolidar as informações em uma única tabela, distribuindo os dados em períodos de trinta minutos para todo o período analisado. Desse modo, criaram-se “pontos de situação” em períodos de trinta em trinta minutos durante o espaço de um ano. Desse modo, para cada tanque, obteve-se uma tabela única com 17.521 entradas, relativas a cada período de trinta minutos durante o período de um ano.

Como segundo e terceiro passo, as informações relativas às movimentações e níveis de estoques, respectivamente, foram atribuídas ao período de trinta minutos no qual estavam contidas. Por exemplo, uma leitura de movimentação de entrada às nove horas e quinze minutos, fica enquadrada no período das nove horas, e uma leitura de nível de estoque de mil litros às nove horas e quarenta minutos fica enquadrada no período das nove horas e trinta minutos. Se ambas estivessem no mesmo período, transformar-se-iam em uma única entrada na planilha consolidada.

Quando da realização dos passos acima, as movimentações também foram qualificadas quanto ao espaço disponível e quanto a serem informações de movimentações ou de nível de estoque reais. Quanto ao espaço disponível, uma vez que o espaço disponível total do tanque é uma informação conhecida, fez-se o cálculo diminuindo o nível de estoque lido do espaço disponível total. Também foi adicionada uma coluna “Log de Dados” que registrava observações quando o tanque estava no máximo ou no mínimo de sua capacidade. Os campos “Mov. Real” e “Est. Real” registram que as informações de movimentações ou de nível de estoque vieram de uma leitura efetiva, uma vez que para as análises a serem realizadas será necessário estimar os valores entre as leituras nos períodos onde não existissem informações. Assim, esses campos são utilizados nos algoritmos desenvolvidos para esse fim. O

Quadro 15 apresenta um exemplo do resultado desses procedimentos.

Quadro 15 - Formato da planilha consolidada com as informações discretizadas

Data Hora	Tanque	Operação	Produto	Operação Lógica	Estoque	Espaço	Log de Dados	Mov Real	Est Real
12/07/2010 06:00	275P999A	P999A <==275888	OLEO DIESEL A S1800	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO	18.319,80	56,16	Recebi o limite superior	X	X
12/07/2010 06:30									
12/07/2010 07:00									
12/07/2010 07:30									
12/07/2010 08:00	275P999A	P999A ==>OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	SEPARADOR DE AGUA E OLEO				X	
12/07/2010 08:30	275P999A	P999A ==>OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	SEPARADOR DE AGUA E OLEO	18.319,80	56,16	Recebi o limite superior	X	X
12/07/2010 09:00					18.319,80	56,16	Recebi o limite superior		X

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos dados desta planilha, é feito o cálculo e a marcação das sete etapas do ciclo do tanque (os “Ts”), segundo a classificação apresentada no tópico “Gestão de Parques de Tancagem”. Com isso, planilha consolidada recebe quatro colunas adicionais. A coluna “Marcação dos Ts” recebe as marcações dos ciclos de tanques. A coluna “Status de Operação” é preenchida de acordo com o status de operação mais próximo conhecido naquela data e hora. A coluna “Espaço Disponível” recebe o volume disponível do tanque e a coluna “Espaço Disponível Relativizado” recebe o volume efetivamente ocupado.

Além disso, as linhas que não possuíam valores com leituras reais recebem os valores da linha imediatamente anterior, de modo que, ao final do procedimento, todas as linhas da planilha possuam dados. No caso do estoque no caso em que existam duas leituras não sequenciais com diferentes valores, as leituras intermediárias receberão o valor proporcional entre elas. Por exemplo, se uma leitura às nove horas tem um valor real 100 e uma leitura às dez horas tem um valor real de 200, a linha das nove horas e trinta minutos, que não tem valor de leitura real, receberá o valor de 150. Caso os valores das leituras reais fossem iguais, o mesmo valor seria colocado nas leituras intermediárias. O

Quadro 16 apresenta como ficaria a consolidação dos dados apresentados no

Quadro 15.

Quadro 16 - Planilha consolidada com marcação de ciclo de tanques

Data Hora	Tanque	Operação	Produto	Operação Lógica	Estoque	Espaço	Marcação dos Ts	Log de Dados	Mov Real	Est Real	Status de Operação	Espaço Disponível	Espaço Disponível Relativizado
12/07/2010 06:00:00	275P999A	P999A <=> 275888	OLEO DIESEL A S1800	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO	18319,8	56,158	T1 Cheio Certificado	Recebi o limite superior	X	X	ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 06:30:00	275P999A	P999A <=> 275888	OLEO DIESEL A S1800	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO	18319,8	56,158					ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 07:00:00	275P999A	P999A <=> 275888	OLEO DIESEL A S1800	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO	18319,8	56,158					ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 07:30:00	275P999A	P999A <=> 275888	OLEO DIESEL A S1800	PRODUCAO DE UNIDADES DE PROCESSO	18319,8	56,158					ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 08:00:00	275P999A	P999A ==> OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	SEPARADOR DE AGUA E OLEO	18319,8	56,158			X		ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 08:30:00	275P999A	P999A ==> OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	SEPARADOR DE AGUA E OLEO	18319,8	56,158		Recebi o limite superior	X	X	ATIVO	28926	0,05
12/07/2010 09:00:00	275P999A	P999A ==> OUTROS	OLEO DIESEL A S1800	SEPARADOR DE AGUA E OLEO	18319,8	56,158		Recebi o limite superior		X	ATIVO	28926	0,05

Fonte: elaborado pelo autor

Tendo a tabela com as informações relativas às movimentações do tanque e ao seu ciclo, é possível, então, calcular as variáveis a serem analisadas nesse estudo. À época do estudo realizado pelo GMAP-UNISINOS (2011), essas variáveis foram abstraídas com base nas informações disponíveis na análise do ciclo do tanque definido por Barbosa et al. (2010). Ou seja, elas não foram definidas através de uma pesquisa específica na literatura ou com um propósito específico, mas sim deduzidas através da busca por informações que pudessem ser relevantes e que poderiam ser obtidas através dos dados disponíveis. O Quadro 17 apresenta as variáveis, suas fórmulas de cálculo e seus significados.

Quadro 17 - Fórmulas de cálculo das variáveis analisadas neste estudo

Variável		Forma de Cálculo	O que indica
1	CQTempoEnchimentoT1T0	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T0 e um T1	O tempo de enchimento é entre qualquer T0 e um T1 Cheio/Não Cheio que antecede uma certificação.
2	CQTempoRepousoT4T1	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T1 e um T4	O tempo de repouso é entre um T1 Cheio/Não Cheio Certificado e um T4, dentro de um ciclo de qualidade.
3	CQTempoCertificacaoT5T4	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T4 e um T5	O tempo de certificação é o tempo em que o tanque ficou parado aguardando o resultado da certificação da amostra, dentro de um ciclo de qualidade
4	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T5 e um T6	O tempo de produto certificado parado é o tempo que o tanque ficou parado para garantia da qualidade do produto certificado, dentro de um ciclo de qualidade
5	CQTempoEsvaziamentoT7T6	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T6 e um T7	O tempo de esvaziamento que o tanque levou para esvaziar total ou parcialmente, dentro de um ciclo de qualidade
6	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T7 e um novo T1	O tempo em que o tanque vazio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade
7	CQTempoTanqueParadoT8T7	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T7 e um novo T1	O tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade
8	CQTempoPermanenciaT7T1	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T1 e um T7 de um mesmo ciclo de tanque	O tempo total de permanência do produto no tanque, do enchimento ao esvaziamento, dentro de um ciclo de qualidade
9	VLTempoEnchimentoT1T0	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T0 e um T1	O tempo que o tanque levou para encher total ou parcialmente, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
10	VLTempoRepousoT4T1	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T1 e um T4	O tempo que o tanque ficou parado antes da realização da amostragem, dentro ou fora de um ciclo de qualidade

11	VLTempoCertificacaoT5T4	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T4 e um T5	O tempo que o tanque ficou parado aguardando o resultado da certificação da amostra, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
12	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T5 e um T6	O tempo que o tanque ficou parado para garantia da qualidade do produto certificado, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
13	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T1 Não Certificado e um T6	O tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, fora de um ciclo de qualidade
14	VLTempoEsvaziamentoT7T6	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T6 e um T7	O tempo que o tanque levou para esvaziar total ou parcialmente, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
15	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T7 e um novo T1	O tempo em que o tanque vazio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
16	VLTempoTanqueParadoT8T7	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T7 e um novo T1	O tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
17	VLTempoPermanenciaT7T1	Soma do tempo acumulado entre a ocorrência de um T1 e um T7 de um mesmo ciclo de tanque	O tempo total de permanência do produto no tanque, do enchimento ao esvaziamento, dentro ou fora de um ciclo de qualidade
18	PercCQTempoEnchimento	$\frac{\text{PercCQTempoEnchimento} \cdot \text{CQTempoEnchimentoT1T0}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o enchimento do tanque.</p> <p>É a divisão de CQTempoEnchimentoT1T0 pela soma de todas as variáveis CQ (1 a 7).</p>

19	PercCQTempoRepouso	$\frac{\text{PercCQTempoRepouso} \cdot \text{CQTempoRepousoT4T1}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado antes da realiza\~{c}o da amostragem.</p> <p>\u00c9 a divis\~{a}o de CQTempoRepousoT4T1 pela soma de todas as vari\u00e1veis CQ (1 a 7)</p>
20	PercCQTempoCertificacao	$\frac{\text{PercCQTempoCertificac\~{a}o} \cdot \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado aguardando o resultado da certificac\~{a}o da amostra.</p> <p>\u00c9 a divis\~{a}o de CQTempoCertificacaoT5T4 pela soma de todas as vari\u00e1veis CQ (1 a 7).</p>
21	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	$\frac{\text{PercCQTempoProdutoCertificadoParado} \cdot \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado para garantia da qualidade do produto certificado.</p> <p>\u00c9 a divis\~{a}o do CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5 pela soma de todas as vari\u00e1veis CQ (1 a 7)</p>

22	PercCQTempoEsvaziamento	$\frac{\text{PercCQTempoEsvaziamento} \cdot \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado pelo tempo que o tanque levou para esvaziar total ou parcialmente</p> <p>É a divisão do CQTempoEsvaziamentoT7T6 pela soma de todas as variáveis CQ (1 a 7)</p>
23	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	$\frac{\text{PercCQTempoTanqueNivelBaixo} \cdot \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque vazio ficando parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a divisão do CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7 pela soma de todas as variáveis CQ (1 a 7).</p>
24	PercCQTempoTanqueParado	$\frac{\text{PercCQTempoTanqueParado} \cdot \text{CQTempoTanqueParadoT8T7}}{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a divisão do CQTempoTanqueParadoT8T7 pela soma de todas as variáveis CQ (1 a 7).</p>

25	PercCQTempoPermanencia	$\frac{\text{PercCQTempoPermanencia}}{\text{CQTempoPermanênciaT7T1}}$ $= \frac{\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7}}{\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7}}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tempo total de permanência do produto no tanque, do enchimento ao esvaziamento.</p> <p>É a divisão do CQTempoPermanenciaT7T1 pela soma de todas as variáveis CQ (1 a 7).</p>
26	PercVLTempoEnchimento	$\frac{\text{PercVLTempoEnchimento}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o enchimento do tanque.</p> <p>É a divisão de VLTempoEnchimentoT1T0 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>
27	PercVLTempoRepouso	$\frac{\text{PercVLTempoRepouso}}{\text{VLTempoRepousoT4T1}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado antes da realização da amostragem.</p> <p>É a divisão de VLTempoRepousoT4T1 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>

28	PercVLTempoCertificacao	$\frac{\text{PercVLTempoCertificacao} \cdot \text{VLTempoCertificacaoT5T4}}{(\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1})}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado aguardando o resultado da certificação da amostra.</p> <p>É a divisão de VLTempoCertificacaoT5T4 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>
29	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	$\frac{\text{PercVLTempoProdutoCertificadoParado} \cdot \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5}}{(\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoN\~{i}velBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1})}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque ficando parado para garantia da qualidade do produto certificado.</p> <p>É a divisão do VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>

30	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	$\frac{\text{PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado}}{\text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, fora de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a divisão do VLTempoParadoProdutoNaoCertificado pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>
31	PercVLTempoEsvaziamento	$\frac{\text{PercVLTempoEsvaziamento}}{\text{VLTempoEsvaziamentoT7T6}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado pelo tempo que o tanque levou para esvaziar total ou parcialmente.</p> <p>É a divisão do VLTempoEsvaziamentoT7T6 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>

<p>32</p>	<p>PercVLTempoTanqueNivelBaixo</p>	$\frac{\text{PercVLTempoTanqueNivelBaixo}}{\text{VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tanque vazio ficando parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a divisão do VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>
<p>33</p>	<p>PercVLTempoTanqueParado</p>	$\frac{\text{PercVLTempoTanqueParado}}{\text{VLTempoTanqueParadoT8T7}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro ou fora de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tempo em que o tanque parcialmente cheio ficou parado entre um esvaziamento e um enchimento, dentro de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a divisão do VLTempoTanqueParadoT8T7 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>

34	PercVLTempoPermanencia	$\frac{\text{PercVLTempoPermanencia}}{\text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$ $= \frac{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}{\text{VLTempoEnchimentoT1T0} + \text{VLTempoRepousoT4T1} + \text{VLTempoCertificaçãoT5T4} + \text{VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{VLTempoParadoProdutoNaoCertificado} + \text{VLTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{VLTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{VLTempoTanqueParadoT8T7} + \text{VLTempoPermanenciaT7T1}}$	<p>Dentro de um ciclo de qualidade, qual percentual, do tempo total, foi ocupado com o tempo total de permanência do produto no tanque, do enchimento ao esvaziamento.</p> <p>É a divisão do VLTempoPermanenciaT7T1 pela soma de todas as variáveis VL (9 a 17).</p>
35	EspacoDisponivelUtilTotal	$\frac{\text{Capacidade_tempo} = \text{capacidade_nominal} * 30}{\text{Capacidade_triangulo}}$ $= \frac{(30 * (\text{Estoque_Proxima_Leitura} - \text{Estoque_Leitura_Atual}))}{2}$ $\text{Capacidade_Quadrado} = (30 * \text{Estoque_Leitura_Atual})$ $\text{EspacoDisponivelUtilTotal} = \text{Capacidade_Tempo} - (\text{Capacidade_Triangulo} + \text{Capacidade_Quadrado})$	<p>Compreende todos os volumes disponíveis do tanque.</p> <p>Considerando todas as linhas da tabela consolidada contidas entre um "T0" e um e um "T1 Certificado" ou entre um "T7 Vazio Certificado" e um "T1 Certificado"</p>
36	EspacoDisponivelUtilSemPerda	$\frac{\text{Capacidade_tempo} = \text{capacidade_nominal} * 30}{\text{Capacidade_triangulo}}$ $= \frac{(30 * (\text{Estoque_Proxima_Leitura} - \text{Estoque_Leitura_Atual}))}{2}$ $\text{Capacidade_Quadrado} = (30 * \text{Estoque_Leitura_Atual})$ $\text{EspacoDisponivelUtilSemPerda} = (\text{Capacidade_Triangulo} + \text{Capacidade_Quadrado})$	<p>Compreende os volumes disponíveis entre T0 e T1 certificado e entre T7 certificado e T0.</p> <p>Considerando todas as linhas da tabela consolidada contidas entre um "T0" e um e um "T1 Certificado" ou entre um "T7 Vazio Certificado" e um "T1 Certificado"</p>

37	PercEspacoDisponivelUtilTotal	$\frac{\text{PercEspacoDisponivelUtilTotal}}{\text{EspacoDisponivelUtilTotal}}$ $= \frac{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificac\~{a}oT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}{\text{Capacidade Nominal do Tanque}}$	<p>Percentual de espaço disponível útil total na semana.</p>
38	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	$\frac{\text{PercEspacoDisponivelUtilSemPerda}}{\text{EspacoDisponivelUtilSemPerda}}$ $= \frac{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7})}{\text{Capacidade Nominal do Tanque}}$	<p>Percentual de espaço disponível útil sem perda na semana.</p>
39	EspacoUtilizadoTotal	$\text{Capacidade_tempo} = \text{capacidade_nominal} * 30$ $\text{Capacidade_triangulo} = \frac{(30 * (\text{Estoque_Proxima_Leitura} - \text{Estoque_Leitura_Atual}))}{2}$ $\text{Capacidade_Quadrado} = (30 * \text{Estoque_Leitura_Atual})$ $\text{EspacoUtilizadoTotal} = (\text{Capacidade_Triangulo} + \text{Capacidade_Quadrado})$	<p>Compreende todo o volume utilizado.</p> <p>Considerando todas as linhas da tabela consolidada contidas entre um "T0" e um e um "T1 Certificado" ou entre um "T7 Vazio Certificado" e um "T1 Certificado"</p>

40	EspacoUtilizadoSemPerda	$\frac{\text{Capacidade_tempo} = \text{capacidade_nominal} * 30}{\text{Capacidade_triangulo} = \frac{(30 * (\text{Estoque_Proxima_Leitura} - \text{Estoque_Leitura_Atual}))}{2}}$ $\text{Capacidade_Quadrado} = (30 * \text{Estoque_Leitura_Atual})$ $\text{EspacoUtilizadoSemPerda} = \text{Capacidade_tempo} - (\text{Capacidade_Triangulo} + \text{Capacidade_Quadrado})$	Compreende os volumes utilizados entre t0 e t1 certificado e entre t7 certificado e t0.
41	PercEspacoUtilizadoTotal	$\frac{\text{PercEspacoUtilizadoTotal}}{\text{EspacoDisponivelUtilTotal}} = \frac{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoRepousoT4T1} + \text{CQTempoCertificaçãoT5T4} + \text{CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5} + \text{CQTempoEsvaziamentoT7T6} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7} + \text{CQTempoTanqueParadoT8T7})}{\text{Capacidade Nominal do Tanque}}$	Percentual de espaço utilizado total na semana.
42	PercEspacoUtilizadoSemPerda	$\frac{\text{PercEspacoDisponivelUtilSemPerda}}{\text{EspacoDisponivelUtilSemPerda}} = \frac{(\text{CQTempoEnchimentoT1T0} + \text{CQTempoTanqueParadoNívelBaixoT8T7})}{\text{Capacidade Nominal do Tanque}}$	Percentual de espaço utilizado sem perda na semana.
43	QtdRemontagens	Soma da quantidade de ocorrências de um "T0" após um "T7 Não Vazio Certificado"	Quantidade de vezes , na semana, em que o tanque estando certificado, foi novamente enchido, perdendo a certificação.
44	QtdT0Vazio	Soma da quantidade de ocorrências da marcação "T0 Vazio" na semana	Quantidade de vezes, na semana, em que o tanque foi enchido a partir de seu nível mínimo.

45	QtdT0NaoVazio	Soma da quantidade de ocorrências da marcação "T0 Não Vazio" na semana	Quantidade de vezes, na semana, em que o tanque foi enchido estando já parcialmente ocupado.
46	QtdT1CheioCertificado	Soma da quantidade de ocorrências da marcação "T1 Cheio Certificado" na semana	Quantidade de vezes, na semana, em que o tanque, estando cheio, passou pelo processo de certificação.
47	QtdT1NaoCheioCertificado	Soma da quantidade de ocorrências da marcação "T1 Não Cheio Certificado" na semana	Quantidade de vezes, na semana, em que o tanque, estando parcialmente cheio, passou pelo processo de certificação.
48	GiroVolumetrico	$GiroVolumétrico = \frac{VLVolumeEnchidoPeriodo}{Capacidade \text{ Útil do Tanque}}$	Soma tempo enchimento no período/capacidade do tanque. É a razão da divisão de VLVolumeEnchidoPeriodo da semana pela capacidade útil do tanque.
49	GiroQualidade	$GiroQualidade = \frac{CQVolumeEnchidoPeriodo}{Capacidade \text{ Útil do Tanque}}$	Soma do tempo de enchimento com qualidade no período/ capacidade tanque. É a razão da divisão de CQVolumeEnchidoPeriodo da semana pela capacidade útil do tanque.
50	CQVazaoEnchimento	$CQVazaoEnchimento = \frac{CQVolumeEnchidoPeriodo}{CQTempoEnchimentoT1T0}$	Vazão média de enchimento do tanque na semana, dentro de um ciclo de qualidade. É a razão da divisão de CQVolumeEnchidoPeriodo por CQTempoEnchimentoT1T0 na semana.
51	CQVolumeEnchidoPeriodo	Soma do volume enchido na semana	Volume total que foi adicionado ao tanque na semana, dentro de um ciclo de qualidade
52	CQVazaoEsvaziamento	$CQVazaoEsvaziamento = \frac{CQVolumeEsvaziadoPeriodo}{CQTempoEsvaziamentoT7T6}$	Vazão média de esvaziamento do tanque na semana, dentro de um ciclo de qualidade. É a razão da divisão de CQVolumeEnchidoPeriodo por CQTempoEsvaziamentoT7T6 na semana.

53	CQVolumeEsvaziadoPeriodo	Soma do volume esvaziado na semana	Volume total que foi retirado do tanque na semana, dentro de um ciclo de qualidade
54	VLVazaoEnchimento	$VLVazaoEnchimento = \frac{VLVolumeEnchidoPeriodo}{VLTempoEnchimentoT1T0}$	Vazão média de enchimento do tanque na semana, dentro ou fora de um ciclo de qualidade. É a razão da divisão de VLVolumeEnchidoPeriodo por VLTempoEnchimentoT1T0 na semana.
55	VLVolumeEnchidoPeriodo	Soma do volume esvaziado na semana	Volume total que foi adicionado ao tanque na semana, dentro ou fora de um ciclo de qualidade.
56	VLVazaoEsvaziamento	$VLVazaoEsvaziamento = \frac{VLVolumeEsvaziadoPeriodo}{VLTempoEsvaziamentoT7T6}$	Vazão média de esvaziamento do tanque na semana, dentro ou fora de um ciclo de qualidade. É a razão da divisão de VLVolumeEsvaziadoPeriodo por VLTempoEsvaziamentoT7T6 na semana.
57	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	Soma do volume esvaziado na semana	Volume total que foi retirado do tanque na semana, dentro ou fora de um ciclo de qualidade.
58	CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	$CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento = \frac{CQTempoEsvaziamentoT7T6}{CQTempoEnchimentoT1T0}$	Calcular razão entre “Tempo de Esvaziamento” e “Tempo de Enchimento”, dentro de um ciclo de qualidade. É a razão da divisão de CQTempoEsvaziamentoT7T6 por CQTempoEnchimentoT1T0 na semana.

59	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	$CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento = \frac{VLTempoEsvaziamentoT7T6}{VLTempoEnchimentoT1T0}$	<p>Calcular razão entre “Tempo de Esvaziamento” e “Tempo de Enchimento”, dentro ou fora de um ciclo de qualidade.</p> <p>É a razão da divisão de VLTempoEsvaziamentoT7T6 por VLTempoEnchimentoT1T0 na semana.</p>
----	---	---	---

Fonte: elaborado pelo autor com base em GMAP | UNISINOS (2011).

Para o cálculo das variáveis é criada uma outra tabela, na qual os dados são calculados em um período semanal, de modo que esta tabela conterà cinquenta e três linhas, uma para cada semana do ano, e cinquenta e nove colunas, uma para cada variável.

A análise das movimentações dos tanques resulta em uma planilha que contém todos os dados das movimentações do tanque no período, analisadas em períodos de trinta minutos, e uma planilha contendo os valores relativos às variáveis analisadas neste estudo, analisadas em períodos de uma semana.

Entretanto, conforme as informações apresentadas acima, dois pontos precisaram ser endereçados para que se pudesse proceder com as análises. O primeiro é que as variáveis de movimentação referem-se a um único tanque e não a um parque. O segundo, é que a análise de stress tem uma granularidade de trinta minutos, enquanto as variáveis de movimentação tem uma granularidade semanal.

Para resolver o primeiro ponto, optou-se por utilizar a média ou a soma das variáveis relativas aos tanques contidos em um parque. Desse modo, foi gerada uma única planilha de variáveis para cada parque. O método de cálculo utilizado para cada variável é mostrado no Quadro 18.

Quadro 18 - Método de cálculo utilizado na consolidação das variáveis

Variável	Método Cálculo	Variável	Método Cálculo
CQTempoEnchimentoT1T0	MÉDIA	PercVLTempoEsvaziamento	MÉDIA
CQTempoRepousoT4T1	MÉDIA	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	MÉDIA
CQTempoCertificacaoT5T4	MÉDIA	PercVLTempoTanqueParado	MÉDIA
CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	MÉDIA	PercVLTempoPermanencia	MÉDIA
CQTempoEsvaziamentoT7T6	MÉDIA	EspacoDisponivelUtilTotal	SOMA
CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	MÉDIA	EspacoDisponivelUtilSemPerda	SOMA
CQTempoTanqueParadoT8T7	MÉDIA	PercEspacoDisponivelUtilTotal	MÉDIA
CQTempoPermanenciaT7T1	MÉDIA	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	MÉDIA
VLTempoEnchimentoT1T0	MÉDIA	EspacoUtilizadoTotal	SOMA
VLTempoRepousoT4T1	MÉDIA	EspacoUtilizadoSemPerda	SOMA
VLTempoCertificacaoT5T4	MÉDIA	PercEspacoUtilizadoTotal	MÉDIA
VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	MÉDIA	PercEspacoUtilizadoSemPerda	MÉDIA
VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	MÉDIA	QtdRemontagens	SOMA
VLTempoEsvaziamentoT7T6	MÉDIA	QtdT0Vazio	SOMA
VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	MÉDIA	QtdT0NaoVazio	SOMA
VLTempoTanqueParadoT8T7	MÉDIA	QtdT1CheioCertificado	SOMA

Variável	Método Cálculo	Variável	Método Cálculo
VLTempoPermanenciaT7T1	MÉDIA	QtdT1NaoCheioCertificado	SOMA
PercCQTempoEnchimento	MÉDIA	GiroVolumetrico	SOMA
PercCQTempoRepouso	MÉDIA	GiroQualidade	SOMA
PercCQTempoCertificacao	MÉDIA	CQVazaoEnchimento	MÉDIA
PercCQTempoProdutoCertificadoParado	MÉDIA	CQVolumeEnchidoPeriodo	MÉDIA
PercCQTempoEsvaziamento	MÉDIA	CQVazaoEsvaziamento	MÉDIA
PercCQTempoTanqueNivelBaixo	MÉDIA	CQVolumeEsvaziadoPeriodo	MÉDIA
PercCQTempoTanqueParado	MÉDIA	VLVazaoEnchimento	MÉDIA
PercCQTempoPermanencia	MÉDIA	VLVolumeEnchidoPeriodo	MÉDIA
PercVLTempoEnchimento	MÉDIA	VLVazaoEsvaziamento	MÉDIA
PercVLTempoRepouso	MÉDIA	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	MÉDIA
PercVLTempoCertificacao	MÉDIA	CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	MÉDIA
PercVLTempoProdutoCertificadoParado	MÉDIA	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	MÉDIA
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	MÉDIA		

Fonte: elaborado pelo autor

Quanto ao segundo ponto, como a análise das variáveis utilizadas no estudo considera um período de uma semana e a análise de stress um período de 30 minutos, foi necessário definir uma forma para estabelecer qual o nível de stress do parque a cada semana, uma vez que um parque pode passar por vários níveis de stress nesse período. Assim, junto à tabela onde são calculados os valores das variáveis do parque em um período semanal, foram incluídas mais quatro colunas, cada uma contendo o percentual de tempo em que o parque ficou em um determinado percentual de stress na semana em questão, conforme mostrado no Quadro 19.

Quadro 19 - Percentual de stress semanal

Semana	(demais variáveis)	Perc. Não Stressado	Perc. Baixo Stress	Perc. Médio Stress	Perc. Alto Stress
1	(...)	0,00%	66,37%	33,63%	0,00%
2	(...)	1,19%	25,60%	72,02%	1,19%
3	(...)	0,00%	61,01%	36,01%	2,98%

Fonte: elaborado pelo autor

Entretanto, mesmo tendo o percentual de cada nível de stress, como definir qual seria, de fato, o nível de stress no parque naquela semana? Para isso, optou-se por fazer uma ponderação, utilizando a seguinte equação:

$$\frac{[(\text{Perc.Não Stressado} \times 1) + (\text{Perc.Baixo Stress} \times 2) + (\text{Perc.Médio Stress} \times 3) + (\text{Perc.Alto Stress} \times 4) - 1]}{3} \times 100$$

Um exemplo da aplicação da equação é mostrado no Quadro 20.

Quadro 20 - Exemplo de fórmula para determinação do nível de stress

Semana	Perc. Não Stressado	Perc. Baixo Stress	Perc. Médio Stress	Perc. Alto Stress	Fórmula de Cálculo	Pstress
1	1	0	0	0	$[(1 * 1) + (0 * 2) + (0 * 3) + (0 * 4) - 1] * 100 / 3$	0
2	0,5	0	0,5	0	$[(0,5 * 1) + (0 * 2) + (0,5 * 3) + (0 * 4) - 1] * 100 / 3$	33,33333
3	0	0,5	0,2	0,3	$[(0 * 1) + (0,5 * 2) + (0,2 * 3) + (0,3 * 4) - 1] * 100 / 3$	60
4	0	0,3	0,1	0,6	$[(0 * 1) + (0,3 * 2) + (0,1 * 3) + (0,6 * 4) - 1] * 100 / 3$	76,66667

Fonte: elaborado pelo autor

Optou-se pela ponderação uma vez que situações de alto stress têm impactos operacionais muito diferentes das situações de baixo stress e, se fosse utilizada uma média simples, poder-se-ia estar minimizando a visibilidade dessas situações.

A utilização de uma única variável permite que se tenha uma medida de stress para a semana em questão e, também, facilita o treinamento das redes neurais artificiais, uma vez que se estarão direcionando os cálculos para apenas uma saída. Desse modo, foi criada a variável Pstress, que é a variável dependente analisada neste trabalho. A forma como a análise dos dados foi realizada é apresentada na próxima seção.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Após a etapa de coleta e tratamento dos dados, todas as análises de todos os parques e produtos foram consolidadas em uma única tabela, formando o conjunto de dados analisados pelas redes neurais artificiais desenvolvidas para esse trabalho. Essa consolidação foi feita através da junção sequencial dos dados conforme mostrado no Quadro 21.

Quadro 21 - Forma de consolidação dos das médias das variáveis e níveis de stress

Refinaria	Semana	Parque	Variáveis	Nível de Stress
REFINARIA 1	1	REFINARIA1_DIESEL	1 (...) 59	PStress
	(...)			Semana 1
	53	(...)	PStress	
		Semana 53		
	1	REFINARIA1_GLP	1 (...) 59	PStress
	(...)			Semana 1
53	(...)	PStress		
	Semana 53			
1	REFINARIA1_PROPENO	1 (...) 59	PStress	
(...)			Semana 1	
53	(...)	PStress		
	Semana 53			

Refinaria	Semana	Parque	Variáveis	Nível de Stress
REFINARIA 2	1 (...) 53	REFINARIA2_DIESEL	1 (...) 59	PStress Semana 1 (...) PStress Semana 53
	1 (...) 53	REFINARIA2_QAV	1 (...) 59	PStress Semana 1 (...) PStress Semana 53
REFINARIA 3	1 (...) 53	REFINARIA3_DIESEL	1 (...) 59	PStress Semana 1 (...) PStress Semana 53
	1 (...) 53	REFINARIA3_QAV	1 (...) 59	PStress Semana 1 (...) PStress Semana 53

Fonte: elaborado pelo autor.

A coleta e tratamento de dados considerou 53 semanas (um ano) de cada um dos 7 parques de tancagem analisados. Obteve-se, dessa forma, 371 amostras de cada uma das variáveis analisadas.

Ao se optar pela junção das variáveis, independentemente da refinaria/parque/produto final ao qual elas se referem, está-se buscando, como resultado, identificar quais as variáveis que mais influenciam no surgimento de stress em parques de tancagem considerando o conjunto das refinarias e não cada parque individualmente.

Desse modo, os modelos de análise que foram gerados com as redes neurais não podem ser utilizados para analisar individualmente cada parque. Além disso, também não podem ser utilizados para a construção de modelos preditivos para detecção de situações de stress em formação.

Para a realização da análise, também optou-se por dividir as variáveis em diferentes categorias. Essa decisão foi tomada pois uma parte das variáveis referiam-se a valores absolutos e a outra parte das variáveis é gerada com base em cálculos relativos aos valores absolutos. Por exemplo, as variáveis “Espaço Disponível Útil Total” e “PercEspaçoDisponívelÚtilTotal”, referem-se ambas ao espaço útil total do parque de

tancagem, sendo a primeira apresentada como um valor absoluto e a segunda como um percentual relativo ao valor absoluto. Desse modo, essas duas variáveis foram agrupadas em uma única categoria, denominada “Espaco Disponível UtilTotal”. As variáveis e as categorias às quais elas foram acrescentadas são mostradas no Quadro 22.

Quadro 22 - Categorias das Variáveis Independentes

Categoria		Variável Independente
1	Espaco Disponível Util Sem Perda	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda
2		EspacoDisponivelUtilSemPerda
3	Espaco Disponível UtilTotal	PercEspacoDisponivelUtilTotal
4		EspacoDisponivelUtilTotal
5	Espaco Utilizado Sem Perda	PercEspacoUtilizadoSemPerda
6		EspacoUtilizadoSemPerda
7	Espaco Utilizado Total	EspacoUtilizadoTotal
8		PercEspacoUtilizadoTotal
9	Giro	GiroQualidade
10		GiroVolumetrico
11	QtdRemontagens	QtdRemontagens
12	QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio
13	QtdT0Vazio	QtdT0Vazio
14	QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado
15	QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado
16	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento
17		CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento
18	Tempo Certificação	VLTempoCertificacaoT5T4
19		CQTempoCertificacaoT5T4
20		PercVLTempoCertificacao
21		PercCQTempoCertificacao
22	Tempo de Enchimento	VLTempoEnchimentoT1T0
23		PercVLTempoEnchimento
24		PercCQTempoEnchimento
25		CQTempoEnchimentoT1T0
26	Tempo de Esvaziamento	PercVLTempoEsvaziamento
27		VLTempoEsvaziamentoT7T6
28		CQTempoEsvaziamentoT7T6
29		PercCQTempoEsvaziamento
30	Tempo de Permanência T7T1	CQTempoPermanenciaT7T1
31		VLTempoPermanenciaT7T1
32		PercCQTempoPermanencia
33		PercVLTempoPermanencia
34	Tempo de Repouso	VLTempoRepousoT4T1
35		PercVLTempoRepouso
36		PercCQTempoRepouso
37		CQTempoRepousoT4T1

Categoria		Variável Independente
38	Tempo de Tanque Parado	CQTempoTanqueParadoT8T7
39		PercCQTempoTanqueParado
40		VLTempoTanqueParadoT8T7
41		PercVLTempoTanqueParado
42	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	PercVLTempoTanqueNivelBaixo
43		VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7
44		PercCQTempoTanqueNivelBaixo
45		CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7
46	Tempo Parado Produto Não Certificado	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado
47		PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado
48	Tempo Produto Certificado	PercCQTempoProdutoCertificadoParado
49		CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5
50		VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5
51		PercVLTempoProdutoCertificadoParado
52	Vazão Enchimento	VLVazaoEnchimento
53		CQVazaoEnchimento
54	Vazão Esvaziamento	VLVazaoEsvaziamento
55		CQVazaoEsvaziamento
56	Volume Enchido	CQVolumeEnchidoPeriodo
57		VLVolumeEnchidoPeriodo
58	Volume Esvaziado no Período	VLVolumeEsvaziadoPeriodo
59		CQVolumeEsvaziadoPeriodo

Fonte: elaborado pelo autor.

Desse modo, percebe-se, também, que as variáveis que referem-se aos mesmos dados, como no exemplo acima citado, podem ser divididas em duas dimensões, conforme sua natureza: as variáveis do tipo “Absoluto”, que referem-se aos valores absolutos das medições, e as variáveis do tipo “Relativo”, que referem-se a cálculos percentuais relativos aos valores absolutos.

Além disso, as variáveis também referem-se a qualificação do ciclo. As variáveis iniciadas com as letras “CQ” referem-se às situações em que os tanques passaram por um ciclo “Com Qualidade”, ou seja, às situações em que o tanque em análise passou pelo processo de certificação de produto. Já as variáveis com as iniciais “VL” referem-se às movimentações volumétricas do tanque, ou seja, todas as movimentações que ocorreram no período, sejam elas dentro de um ciclo de qualidade ou não. Assim sendo, temos outras duas dimensões relativas aos tipos das variáveis: Com Qualidade ou Sem Qualidade (Volumétrica).

Assim, optou-se pelo agrupamento dos dados em dois cortes, baseados nas dimensões de natureza dos dados e de qualificação dos ciclos.

A decisão da criação de cenários separados para os dados absolutos e relativos deu-se devido ao fato de que os dados agrupados para a análise referiam-se a parques com capacidades diferentes. Desse modo, poderia ser mais vantajoso para o treinamento das redes neurais artificiais a utilização de dados relativos, uma vez que com a análise baseada em percentuais poder-se-ia ter uma melhor forma de comparação e, assim, melhores resultados nos valores previstos pelas redes neurais artificiais. Ou seja, optou-se por essa divisão com base em critérios relativos ao modo de funcionamento das redes neurais artificiais.

Já a decisão por uma divisão relativa aos ciclos “Com Qualidade” e “Sem Qualidade (Volumétrico)” foi baseada em critérios relativos à gestão das refinarias e parques de tancagem. As variáveis relativas à dimensão “Sem Qualidade (Volumétrico)” incluem todas as movimentações realizadas no período, com ou sem ciclo de qualidade. Assim, poder-se-ia questionar o porquê da criação de dois cenários distintos.

Em um parque de tancagem ideal, todos os ciclos de enchimento e esvaziamento de tanques ocorreriam dentro de um ciclo de qualidade. Ou seja, não haveria diferença entre as dimensões “Com Qualidade” e “Sem Qualidade (Volumétrico)”.

A forma mais rigorosa de análise seria a construção de um modelo baseado apenas nas variáveis “Com Qualidade”, pois isso resultaria em uma avaliação mais rigorosa das situações de stress. Desse modo, estar-se-ia criando um modelo dos ciclos desejáveis pela empresa, que são os ciclos “Com Qualidade”.

Entretanto, para aliviar situações de stress, os gestores dos parques podem adotar subterfúgios, tais como a movimentação de produtos entre tanques. Esses subterfúgios, que impactam o resultado da ferramenta de avaliação de stress, não podem ser detectados em um modelo que considera apenas as movimentações “Com Qualidade”, mas podem ser detectados em um modelo que considere todas as movimentações. Desse modo, a construção de um modelo que considera todas as mudanças de volume dos tanques permite avaliar todas as ações gerenciais dos gestores nos parques.

Além disso, buscando ser ainda mais rigoroso nas análises, optou-se também pela criação de um quinto cenário, contemplando todas as variáveis.

O Cenário 1, denominado “Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto”, inclui todas as variáveis que se enquadram nas dimensões Sem Qualidade (Volumétrico) e Absoluto. Assim, nesse cenário, a avaliação da importância das variáveis será feita com base em todas as movimentações dos tanques, estando elas dentro de ciclos de qualidade ou não, e no valor absoluto das leituras de informações dos tanques.

O Cenário 2, denominado “Com Qualidade – Absoluto”, engloba as variáveis que se enquadram nas dimensões “Com Qualidade” e “Absoluto”. No Cenário 2, portanto, a avaliação da importância das variáveis será feita com base em todas as movimentações dos tanques dentro de ciclos de qualidade e no valor absoluto das leituras de informações dos tanques.

O Cenário 3, denominado “Com Qualidade – Relativo”, abrange as variáveis que pertencem às dimensões “Com Qualidade” e “Relativo”. Dessa forma, no Cenário 3, portanto, a avaliação da importância das variáveis será feita com base em todas as movimentações dos tanques dentro de ciclos de qualidade e nos valores relativos calculados com base nas variáveis absolutas.

O Cenário 4, por sua vez, foi denominado “Sem Qualidade (Volumétrico) – Relativo”, por agrupar as variáveis que pertencem simultaneamente às dimensões “Sem Qualidade (Volumétrico)” e “Relativo”. Assim, nesse cenário, a avaliação da importância das variáveis será feita com base em todas as movimentações dos tanques, estando elas dentro de ciclos de qualidade ou não, e em valores relativos calculados com base nas variáveis absolutas.

O Cenário 5, por sua vez, foi denominado de “Todos”, pois leva em consideração todas as variáveis deste estudo.

Entretanto, apesar dessa segmentação, algumas das variáveis estão presentes em mais de um cenário. As variáveis `EspacoDisponivelUtilTotal`, `EspacoDisponivelUtilSemPerda`, `EspacoUtilizadoTotal` e `EspacoUtilizadoSemPerda` pertencem tanto ao Cenário 1 (Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto) quanto ao Cenário 2 (Com Qualidade – Absoluto), pois são todas absolutas e influenciam esses dois cenários.

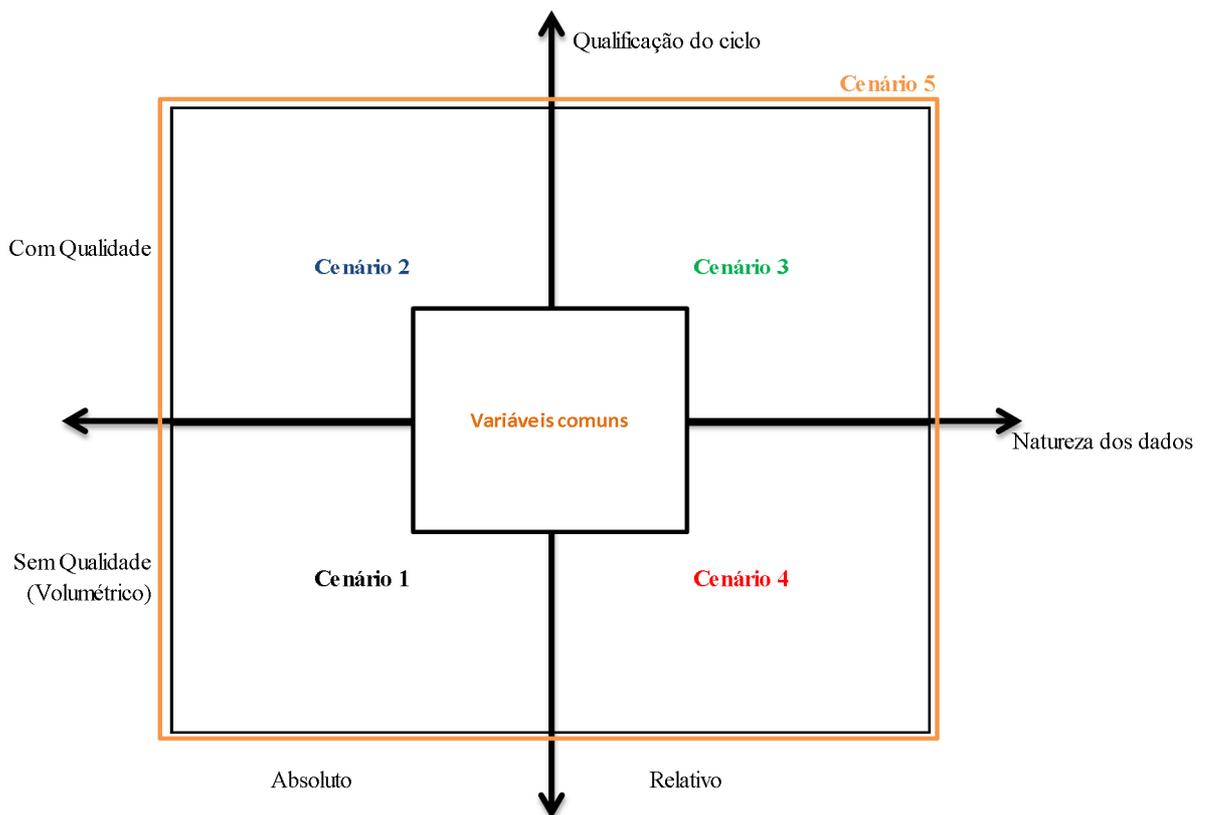
As variáveis “GiroQualidade” e “CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento” pertencem tanto ao Cenário 2 (Com Qualidade – Absoluto) quanto ao Cenário 3 (Com

Qualidade e Relativo) pois são ambas relacionadas à qualidade e influenciam esses dois cenários.

As variáveis PercEspacoDisponivelUtilTotal, PercEspacoDisponivelUtilSemPerda, PercEspacoUtilizadoTotal e PercEspacoUtilizadoSemPerda pertencem tanto ao Cenário 3 (Com Qualidade e Relativo) quanto ao Cenário 4 (Sem Qualidade (Volumétrico) e Relativo), pois são todas percentuais e influenciam esses dois cenários.

As variáveis GiroVolumetrico e VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento pertencem tanto ao Cenário 1 (Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto) quanto ao Cenário 4 (Sem Qualidade (Volumétrico) e Relativo) pois são ambas volumétricas e influenciam esses dois cenários. A Figura 18 ilustra os cenários criados.

Figura 18 – Cenários utilizados no estudo



Fonte: elaborado pelo autor.

Há ainda, variáveis que foram consideradas em todos os cenários, pois podem influenciar em qualquer um deles. São elas QtdRemontagens, QtdT0Vazio, QtdT0NaoVazio, QtdT1CheioCertificado, QtdT1NaoCheioCertificado. Relembrando que o Cenário 5 (Todos) contém todas as variáveis. O Quadro 23 apresenta um resumo da divisão das variáveis explicada acima.

Quadro 23 - Resumo da divisão das variáveis entre os cenários

Variáveis que pertencem exclusivamente ao cenário C2	Variáveis que pertencem simultaneamente aos cenários C2 e C3	Variáveis que pertencem exclusivamente ao cenário C3
Variáveis que pertencem simultaneamente aos cenários C1 e C2	Variáveis que pertencem simultaneamente a todos os cenários	Variáveis que pertencem simultaneamente aos cenários C3 e C4
Variáveis que pertencem exclusivamente ao cenário C1	Variáveis que pertencem simultaneamente aos cenários C1 e C4	Variáveis que pertencem exclusivamente ao cenário C4

Fonte: elaborado pelo autor

Já a Figura 19, abaixo, apresenta a divisão das variáveis entre os cenários, explicitando a quais cenários cada variável pertence, seguindo a lógica apresentada no Quadro 23.

Figura 19 - Cenários e variáveis utilizados na análise

Cenários	Variáveis	Cenários e Variáveis	Variáveis	Cenários
C2	CQTempoEnchimentoT1T0	C2 e C3 GiroQualidade CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	PercCQTempoEnchimento	C3
C2	CQTempoRepousoT4T1		PercCQTempoRepouso	C3
C2	CQTempoCertificacaoT5T4		PercCQTempoCertificacao	C3
C2	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5		PercCQTempoProdutoCertificadoParado	C3
C2	CQTempoEsvaziamentoT7T6		PercCQTempoEsvaziamento	C3
C2	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7		PercCQTempoTanqueNivelBaixo	C3
C2	CQTempoTanqueParadoT8T7		PercCQTempoTanqueParado	C3
C2	CQTempoPermanenciaT7T1		PercCQTempoPermanencia	C3
C2	CQVolumeEnchidoPeriodo		CQVazaoEnchimento	C3
C2	CQVolumeEsvaziadoPeriodo		CQVazaoEsvaziamento	C3
C1 e C2	EspacoDisponivelUtilTotal	TODOS	PercEspacoDisponivelUtilTotal	C3 e C4
C1 e C2	EspacoDisponivelUtilSemPerda	QtdRemontagens	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	C3 e C4
C1 e C2	EspacoUtilizadoTotal	QtdT0Vazio	PercEspacoUtilizadoTotal	C3 e C4
C1 e C2	EspacoUtilizadoSemPerda	QtdT0NaoVazio	PercEspacoUtilizadoSemPerda	C3 e C4
		QtdT1CheioCertificado		
		QtdT1NaoCheioCertificado		
C1	VLTempoEnchimentoT1T0	C1 e C4 GiroVolumetrico VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	PercVLTempoEnchimento	C4
C1	VLTempoRepousoT4T1		PercVLTempoRepouso	C4
C1	VLTempoCertificacaoT5T4		PercVLTempoCertificacao	C4
C1	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5		PercVLTempoProdutoCertificadoParado	C4
C1	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado		PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	C4
C1	VLTempoEsvaziamentoT7T6		PercVLTempoEsvaziamento	C4
C1	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7		PercVLTempoTanqueNivelBaixo	C4
C1	VLTempoTanqueParadoT8T7		PercVLTempoTanqueParado	C4
C1	VLTempoPermanenciaT7T1		PercVLTempoPermanencia	C4
C1	VLVolumeEnchidoPeriodo		VLVazaoEnchimento	C4
C1	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	VLVazaoEsvaziamento	C4	

Fonte: elaborado pelo autor.

Na próxima seção são apresentadas as delimitações do presente estudo.

3.5 DELIMITAÇÃO

Visando garantir o andamento adequado da pesquisa, é necessário estabelecer algumas delimitações.

Esta pesquisa aborda a análise do stress de tancagem em tanques de armazenamento de produtos refinados. Desse modo, não são considerados tanques de recebimento de petróleo cru e tanques de armazenamento intermediários. Os parques de tancagem analisados armazenam produtos líquidos (diesel) ou gasosos (propano e QAV).

O cálculo do stress de tancagem é feito para um parque de tanques que armazenam um mesmo produto, dentro de um determinado período de tempo. Assim, não é possível calcular, de forma automática, o stress de uma refinaria ou de um conjunto de parques de tanques. Também não há definição da forma de se realizar esse cálculo.

A análise das variáveis busca identificar quais delas podem influenciar a criação de situações de stress. Entretanto, não busca prescrever formas de se tratar as consequências ou prevenir a formação das situações de stress. Desse modo, não são analisadas as causas que levam as variáveis a assumir os valores apresentados. Por exemplo, o motivo de um tanque estar parado em nível baixo por um longo período de tempo pode ser um carregamento de petróleo atrasado, falhas no agendamento da produção, problemas no oleoduto, entre outros. Da mesma forma, o trabalho também não trabalha as consequências das situações de stress. Tais análises, que podem ser importantes na prevenção e na avaliação de riscos, não foram possíveis nesse momento, uma vez que não há informações relativas a esses pontos disponíveis na Empresa X e que pudessem ser analisadas dentro do tempo disponível para a realização desta pesquisa.

Para a submissão dos dados às redes neurais artificiais, optou-se pela junção das variáveis em um grupo de dados único. Ao se optar pela junção das variáveis, independentemente da refinaria/parque/produto final ao qual elas se referem, está-se buscando, como resultado, identificar quais as variáveis que mais influenciam no surgimento de stress em parques de tancagem considerando o conjunto das refinarias e não cada parque individualmente.

Desse modo, os modelos de análise que foram gerados com as redes neurais não podem ser utilizados para analisar individualmente cada parque. Além disso, também não podem ser utilizados para a construção de modelos preditivos para detecção de situações de stress em formação em cada parque individualmente.

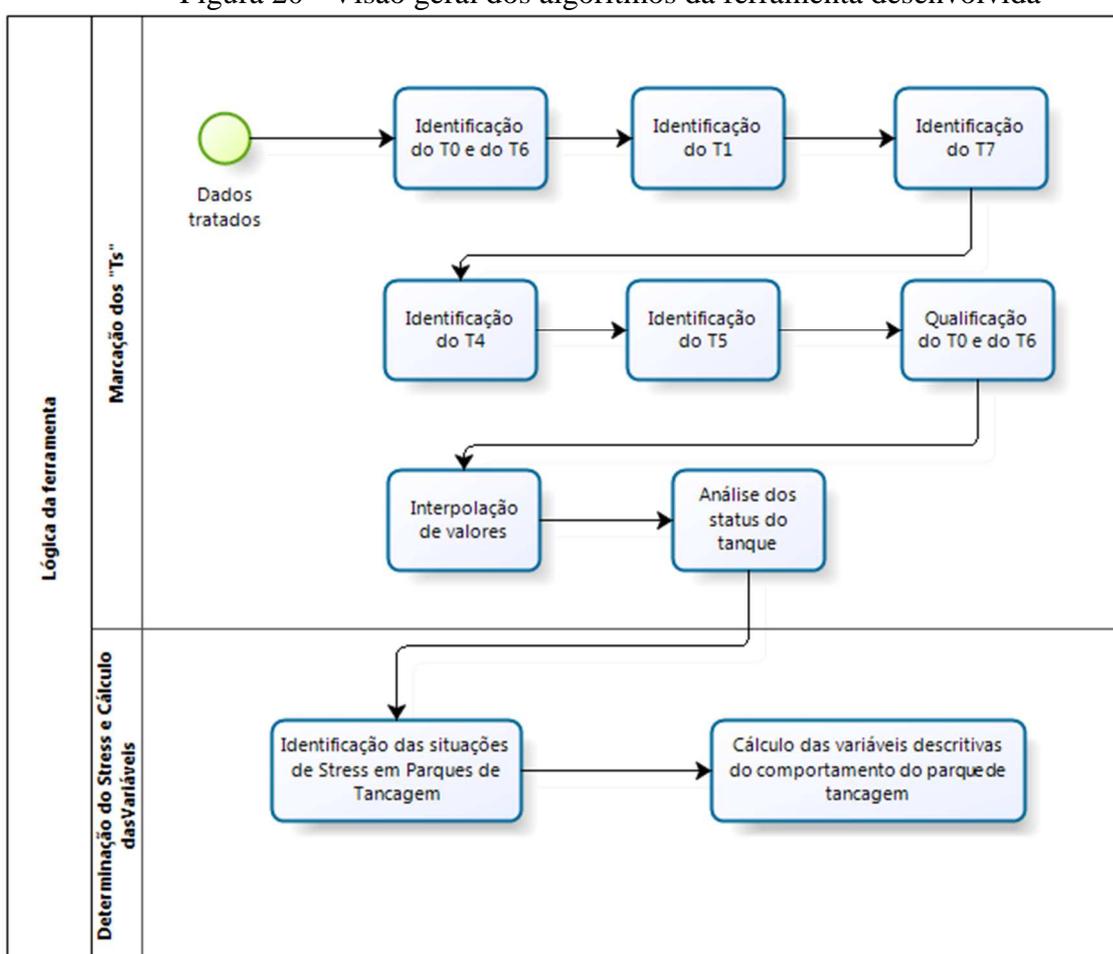
Optou-se pela utilização dos mesmos dados utilizados no trabalho realizado pelo GMAP-UNISINOS (2011), de modo que os resultados da ferramenta de determinação de stress em parques de tancagem e de cálculo das variáveis desenvolvida neste trabalho pudessem ser validados através da comparação com os resultados do GMAP-UNISINOS (2011).

Neste capítulo foi apresentado o delineamento da pesquisa, no qual se optou pelo método da *Design Science Research*. Em seguida, apresentou-se o método de trabalho utilizado e os procedimentos para coleta, tratamento, e análise dos dados. Para realizar a análise através das redes neurais artificiais, optou-se pela divisão das variáveis em cenários, de acordo com as características das variáveis, e os cenários criados foram apresentados e explicados. No próximo capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento da ferramenta computacional utilizada nesse estudo.

4 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Esta seção tem por objetivo tratar da ferramenta computacional desenvolvida especificamente para a realização deste estudo. Os algoritmos são descritos em termos gerais, procurando esclarecer a lógica de sua construção. Os fluxogramas contendo os passos detalhados de cada algoritmo podem ser encontrados no APENDICE D. A Figura 20 apresenta uma visão geral da sequência de execução dos algoritmos abordados nas próximas seções.

Figura 20 - Visão geral dos algoritmos da ferramenta desenvolvida



Fonte: elaborado pelo autor

4.1 ALGORITMO DE IDENTIFICAÇÃO DOS "TS"

Para que se possa realizar o cálculo de stress dos parques de tancagem e calcular as variáveis analisadas neste estudo, é necessário identificar, dentro do período analisado, as etapas do ciclo do tanque, abreviadas como "Ts", conforme descrito na seção Gestão de Parques de

Tancagem deste trabalho. O algoritmo, desenvolvido especificamente para esse fim, com base no trabalho realizado pelo GMAP-UNISINOS (2011), trabalha com base nos dados da planilha apresentada no

Quadro 16, aqui denominada “planilha consolidada”.

O algoritmo inicia com a identificação das ocorrências de “T0” e “T6”, uma vez que essas marcações indicam o momento em que um tanque começou a ser enchido e começou ser esvaziado, respectivamente. Após, o algoritmo consegue identificar “T1”, que indica o fim de um período de enchimento, ao encontrar o momento após o “T0” onde o estoque do tanque parou de subir. Da mesma forma, o “T7”, que indica o fim de um período de esvaziamento, é identificado ao se localizar o momento após o “T6” onde o estoque do tanque parou de diminuir. Nesse momento, tendo “T0”, “T1”, “T6” e “T7” conhecidos, o algoritmo pode identificar o “T4”, que representa o momento em que é feita uma amostragem do produto após o período de repouso. Para marcar o “T4”, o algoritmo busca, na planilha consolidada, uma operação “AMOSTRAGEM” que ocorra em um momento posterior a uma marcação de “T1”. Tendo o “T4” identificado, pode-se, então identificar o “T5”, buscando uma operação “AMOSTRAGEM” que esteja entre um “T4” e um “T6”. Após, o algoritmo varre a planilha verificando as marcações “Ts” que respeitaram um ciclo de certificação e inclui o sufixo “Certificado” a elas. O próximo passo, então, é preencher os valores de estoque entre duas leituras de estoque reais, por exemplo, se há registro de uma leitura real às 12:30 com 1.000 litros e outra leitura real às 13:30 com 1.200 litros, o intervalo das 13:00 recebe o valor de 1.100 litros. Por fim, o algoritmo busca nas informações de manutenção dos tanques a informação dos períodos em que o tanque esteve ativo ou inativo e marca a planilha consolidada de acordo.

A seguir, são detalhados os passos executados pelo algoritmo para realizar o processo descrito acima.

4.1.1 Identificação do T0 e do T6

A etapa do ciclo denominada “T0” indica o momento em que o tanque inicia o recebimento de um produto proveniente das unidades produtoras. Essa entrada de produto pode ocorrer com o tanque estando vazio, quando então é denominado “T0 Vazio”, ou já contendo uma quantidade do mesmo produto, sendo então chamado de “T0 Não Vazio”.

Já a etapa de ciclo “T6” refere-se ao momento em que é iniciado o esvaziamento de um tanque, ou seja, o momento em que o tanque inicia o envio do produto para outro local de armazenamento. Essa saída de produto pode ocorrer com o tanque estando cheio, quando

então é denominado “T6 Cheio”, ou contendo uma quantidade de produto inferior à capacidade do tanque, sendo então chamado de “T6 Não Cheio”.

Para identificar a ocorrência do “T0”, o algoritmo lê sequencialmente as linhas da planilha consolidada, buscando na coluna de estoque uma situação em que o estoque seja maior que o estoque da linha anterior. Para identificar se é um “T0 Vazio” ou um “T0 Não Vazio”, verifica se a quantidade em estoque é igual à capacidade mínima do tanque ou maior que a capacidade mínima do tanque, respectivamente. Tendo encontrado um “T0”, o algoritmo passa a buscar um “T6”.

Para identificar a ocorrência de um “T6”, o algoritmo continua lendo sequencialmente a planilha consolidada, buscando na coluna de estoque uma situação em que o estoque seja menor que o estoque da linha anterior. Para identificar se é um “T6 Cheio” ou um “T6 Não Vazio”, verifica se a quantidade em estoque é igual à capacidade máxima do tanque ou menor que a capacidade mínima do tanque, respectivamente.

Como os tanques armazenam produtos não discretos, esses produtos podem se movimentar dentro dos tanques. Essas movimentações fazem com que os sensores captem oscilações no volume armazenado que na verdade são apenas o resultado dessas oscilações. Por exemplo, os sensores de um tanque com 10.000 litros de diesel podem indicar que o tanque contém 10.200 litros, em seguida indicar que ele contém 9.800 litros e depois que ele contém 10.000 litros. Esse tipo de oscilação, que é normal nos tipos de tanques analisados nesse trabalho, poderia atrapalhar o algoritmo de marcação dos “Ts” e o cálculo dos espaços disponíveis. Assim, para evitar que as oscilações interferissem nos cálculos, foi estabelecido como critério que só seriam consideradas movimentações dos tanques que fossem superiores a 3% do volume nominal do tanque em análise.

4.1.2 Identificação do T1

A etapa do ciclo denominada “T1” indica o momento em que o tanque encerra um período de recebimento de produto e inicia o tempo de repouso. Essa entrada de produto pode ocorrer até o enchimento total do tanque, quando então é denominado “T1 Cheio”, ou então um enchimento parcial do tanque, sendo então chamado de “T1 Não Cheio”. Além dessas duas marcações, as leituras reais de estoque intermediárias, que mostram o aumento do volume armazenado nos tanques, recebem a classificação de “T1 – Intermediário”.

Ou seja, para a determinação do “T1”, o algoritmo percorre sequencialmente a planilha, lendo o campo “Marcação dos Ts” até encontrar uma marcação “T0”, de qualquer tipo. Após encontrar, todas as leituras de aumento de estoque após esse “T0” receberão a classificação de “T1 – Intermediário” até a última leitura de aumento de estoque encontrada, que então receberá a classificação de “T1 Cheio” ou “T1 Não Cheio”.

4.1.3 Identificação do T7

A etapa do ciclo denominada “T7” indica o momento em que o tanque encerra um período de envio de produto, ou seja, de esvaziamento. Essa saída de produto pode ocorrer até o esvaziamento total do tanque, quando então é denominado “T7 Vazio”, ou então um esvaziamento parcial do tanque, sendo então chamado de “T7 Não Vazio”. Além dessas duas marcações, as leituras reais de estoque intermediárias, que mostram a diminuição do volume armazenado nos tanques, recebem a classificação de “T7 – Intermediário”.

Ou seja, para a determinação do “T7”, o algoritmo percorre sequencialmente a planilha, lendo o campo “Marcação dos Ts” até encontrar uma marcação “T6”, de qualquer tipo. Após encontrar, todas as leituras de diminuição de estoque após esse “T6” receberão a classificação de “T7 – Intermediário” até a última leitura de diminuição de estoque encontrada, que então receberá a classificação de “T7 Vazio” ou “T7 Não Vazio”.

4.1.4 Identificação do T4

A etapa do ciclo denominada “T4” indica o momento em que é realizada uma operação de amostragem do tanque, após o período de repouso do produto.

Para a determinação do “T4”, o algoritmo percorre sequencialmente a planilha, lendo o campo “Marcação dos Ts” até encontrar uma marcação “T1”, de qualquer tipo. Após encontrado o “T1”, o algoritmo lê a coluna “Operação”, em busca de uma operação do tipo “AMOSTRAGEM”, e a coluna “Marcação dos Ts” para verificar se há outras marcações. Caso encontre uma marcação “T6”, o algoritmo volta a procurar outra marcação “T1”, de qualquer tipo. Caso encontre uma operação do tipo “AMOSTRAGEM”, sem encontrar um “T6” no caminho, marca o status como “T4”.

4.1.5 Identificação do T5

A etapa do ciclo denominada “T5” indica o momento em que é recebido o resultado da certificação da amostra coletada no “T4” e inicia-se o tempo de repouso do produto após a análise.

Para a determinação do “T5”, o algoritmo percorre sequencialmente a planilha, lendo o campo “Marcação dos Ts” até encontrar uma marcação “T6”, de qualquer tipo. Após encontrado o “T6”, o algoritmo inicia a leitura da sequencial da planilha no sentido inverso, a partir da linha onde encontrou o “T6”, buscando na coluna “Operação”, uma operação do tipo “AMOSTRAGEM” em uma movimentação real. Caso encontre, e a coluna “Marcação dos Ts” esteja vazia, inclui a marcação “T5”. Entretanto, é possível que ao encontrar a operação “AMOSTRAGEM”, a coluna “Marcação dos Ts” já esteja preenchida com um “T6” ou um “T4”.

No primeiro caso, ao encontrar uma marcação “T6”, o algoritmo verifica se a coluna “Marcação dos Ts” da linha acima está vazia e, se sim, inclui a marcação “T5”. Se não, se encontrar um “T4”, verifica se a linha anterior ao “T4” possui um “T1” e, se sim, marca a linha como “T4/T5”, mas se a linha anterior ao “T4” for vazia, marca o “T4” na linha anterior e marca o “T5” na linha onde estava o “T4”.

No segundo caso, ao encontrar uma marcação “T4”, o algoritmo verifica se a coluna “Marcação dos Ts” da linha abaixo está vazia e, se sim, inclui a marcação “T5”. Se não, se encontrar um “T6”, verifica se a linha anterior ao “T4” possui alguma marcação e, se sim, marca a linha como “T4/T5”, mas se a linha anterior ao “T4” for vazia, marca o “T4” na linha anterior e marca o “T5” na linha onde estava o “T4”.

4.1.6 Qualificação do T1 e do T6

Após preencher a coluna “Marcação dos Ts”, o algoritmo percorre novamente a planilha para identificar as ocasiões em que o tanque operou dentro de um ciclo de qualidade e, assim, adicionar às marcações o sufixo “Certificado”.

Para isso o algoritmo lê sequencialmente a tabela, em busca de uma marcação de “T1” de qualquer tipo. Tendo encontrado o “T1”, o algoritmo guarda a linha da ocorrência e segue lendo a planilha em busca de um “T6”. Encontrando o “T6”, o algoritmo segue a leitura até encontrar um “T4” ou um “T5” e guarda a linha de ocorrência. Encontrando um dos dois, o

algoritmo procura por uma ocorrência de “T7” que não seja intermediário. Caso encontre, adiciona o status “Certificado” ao “T7” e aos outros status cuja linha de ocorrência foi guardada pelo algoritmo.

4.1.7 Interpolação de Valores

Para detectar as variações do estoque de um tanque, o algoritmo percorre a planilha procurando as movimentações e os níveis de estoque reais, ou seja, as linhas da planilha que foram preenchidas com base nos dados reais coletados junto à Empresa X.

Devido à forma como o algoritmo trabalha, para facilitar a identificação dos “Ts”, todas as linhas que não tem uma leitura real recebem o valor da primeira leitura anterior a ela. O Quadro 24 ilustra essa situação.

Quadro 24 - Planilha consolidada com as informações reais replicadas

Data Hora	Tanque	Operação	Produto	Operação Lógica	Estoque	Espaço	Mov Real	Est Real
08/07/2010 11:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	964,2	18646,581		X
08/07/2010 11:30:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	964,2	18646,581		
08/07/2010 12:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	964,2	18646,581		
08/07/2010 12:30:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	964,2	18646,581		
08/07/2010 13:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	1731,06 9	17531,74		X

Fonte: elaborado pelo autor

Entretanto, para que se possa calcular as variáveis analisadas neste estudo, por exemplo, as variáveis que necessitam de informações relativas ao espaço disponível em cada intervalo de tempo, é necessário interpolar os valores entre as leituras reais. Desse modo, o algoritmo lê a planilha sequencialmente e, ao identificar uma leitura de estoque real, marca a posição e procura a próxima leitura real, marcando também sua posição. Após, calcula a diferença entre a leitura real inicial e a leitura real final e divide o resultado pela quantidade de períodos de tempo até a leitura real final. Com esse valor calculado, cada linha após a leitura real inicial recebe o valor da linha anterior acrescido do valor calculado. Para o

exemplo mostrado no Quadro 24, o cálculo seria $(1731,069 - 964,2) / 4 = 191,717$. Desse modo, o resultado para esse exemplo é demonstrado abaixo, no Quadro 25.

Quadro 25 - Planilha consolidada com as informações interpoladas

Data Hora	Tanque	Operação	Produto	Operação Lógica	Estoque	Espaço	Mov Real	Est Real
08/07/2010 11:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	964,2	18646,581		X
08/07/2010 11:30:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	1155,91725	18646,581		
08/07/2010 12:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	1347,6345	18646,581		
08/07/2010 12:30:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	1539,35175	18646,581		
08/07/2010 13:00:00	P999A	P999A <== P888A	OLEO DIESEL A S1800	TRANSFERENCIA INTERNA	1731,069	17531,74		X

Fonte: elaborado pelo autor

4.1.8 Análise dos Status do Tanque

O último passo do algoritmo inicia com a definição do status operacional do tanque para cada período de trinta minutos. Para isso o algoritmo verifica, na planilha que contém as informações de manutenção, se existem registros de status de operação para o tanque. Se não, o algoritmo marca todos os intervalos de tempo com o status “ativo”. Se sim, o algoritmo marca os status de operação de acordo com o status encontrado. Por exemplo, se o período analisado é de 01/01/2010 a 31/12/2010, e algoritmo encontrar o status “Operação” (que indica que o tanque está ativo) no dia 15/12/2009 e o status “Manutenção” (que indica que o tanque está inativo) no dia 10/03/2010, o algoritmo marcará o status do tanque como “ativo” no período de 01/01/2010 até 09/03/2010, e marcar o tanque como “inativo” a partir de 10/03/2010.

Após, o algoritmo calcula o espaço disponível e o espaço disponível relativizado do tanque em análise, para cada intervalo de trinta minutos. Esses cálculos são realizados na seguinte sequência:

$$capacidade_tempo = capacidade_nominal * 30$$

$$capacidade_triangulo = \frac{30 * (estoque_próxima_linha - estoque_linha_atual)}{2}$$

$$capacidade_quadrado = (30 * estoque_linha_atual)$$

$$espaço_disponível = (capacidade_tempo - (capacidade_triangulo + capacidade_quadrado))$$

$$espaço_disponível_relativizado = \frac{(capacidade_tempo - (capacidade_triangulo + capacidade_quadrado))}{capacidade_tempo}$$

Esta seção tratou da forma de funcionamento do algoritmo para identificação dos “Ts”, referentes ao ciclo de um tanque. Na próxima seção, será abordada a identificação de stress em parques de tancagem.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS SITUAÇÕES DE STRESS EM PARQUES DE TANCAGEM

A identificação das situações de stress é realizada através da análise dos dados de movimentação de todos os tanques de um parque no período. Para a realização do cálculo, são utilizadas as informações das movimentações relativas à data e a hora da movimentação, o status de operação do tanque, o espaço disponível relativizado e a marcação dos “Ts” calculada conforme explicado em 4.1 Algoritmo de identificação dos “ts”. Além dessas informações, também é necessária a informação da capacidade útil do tanque. Um exemplo das informações utilizadas no cálculo é mostrado no Quadro 26.

Quadro 26 - Informações utilizadas no cálculo do stress de um parque de tancagem

	Parque	Tanque	Capacidade Máxima	Parque	Tanque	Capacidade Máxima
	REFINARIA1	P999A	16938,5	REFINARIA1	P999B	16935,65
Data Hora	Marcação dos Ts	Status de Operação	Espaço Disponível Relativizado	Marcação dos Ts	Status de Operação	Espaço Disponível Relativizado
01/01/2010 00:00	T0 Vazio	ATIVO	0,834341755	T0 Não Vazio	ATIVO	0,122236136
01/01/2010 00:30	T0 Vazio	ATIVO	0,803643522	T0 Não Vazio	ATIVO	0,12144354
01/01/2010 01:00	T0 Vazio	ATIVO	0,773563545	T0 Não Vazio	ATIVO	0,120650944
01/01/2010 01:30	T0 Vazio	ATIVO	0,743422658	T0 Não Vazio	ATIVO	0,119858348
01/01/2010 02:00	T0 Vazio	ATIVO	0,713220864	T0 Não Vazio	ATIVO	0,119065753
01/01/2010 02:30	T0 Vazio	ATIVO	0,682516868	T0 Não Vazio	ATIVO	0,118273157

Fonte: elaborado pelo autor

Para definir a situação de stress do parque, em cada intervalo de trinta minutos, foram definidos quatro níveis de stress possíveis. Para enquadrar cada intervalo de trinta minutos em uma dessas quatro possibilidades, foram estabelecidos os parâmetros mostrados no Quadro 27. Esses parâmetros foram definidos pelo Gerente de Distribuição Cooperativo da Empresa X à época da realização do projeto do GMAP-UNISINOS.

Quadro 27 - Parâmetros para definição de stress

Parâmetros	Níveis de Stress							
	Não Stressado		Baixo Stress		Médio Stress		Alto Stress	
	Lim. Inferior	Lim. Superior	Lim. Inferior	Lim. Superior	Lim. Inferior	Lim. Superior	Lim. Inferior	Lim. Superior
Tanques Livres do Parque	1	10000	1	10000	0	10000	0	0
% Espaço Disponível nos Tanques Livres	20%	100%	5%	20%	0%	5%		
% Espaço Disponível Total (Tanques Livres + Ocupados)					20%	100%	0%	20%

Fonte: elaborado pelo autor com base em GMAP-UNISINOS (2011)

Para identificar se o tanque está livre ou ocupado, foram definidos parâmetros relacionados às marcações dos “Ts”. Esses parâmetros são mostrados no Quadro 28.

Quadro 28 - Parâmetros para definição de status de tanque livre ou ocupado

Marcação T	Critério	Situação do tanque
T0	Significa que está iniciando o enchimento e, portanto, ocupado	Ocupado
T1 Cheio Certificado	Significa que o tanque está cheio em ciclo de certificação e, portanto, ocupado	Ocupado
T1 Não Cheio Certificado	Significa que o tanque está ocupado parcialmente com produto em ciclo de certificação	Ocupado
T1 Cheio	Significa que o tanque está cheio com produto, sem estar em ciclo de certificação	Ocupado
T1 Não Cheio	Significa que o tanque está ocupado parcialmente com produto, sem estar em ciclo de certificação	Ocupado
T6 Cheio Certificado	Significa que o tanque está cheio e em repouso após análise do produto em ciclo de certificação	Ocupado
T6 Não Cheio Certificado	Significa que o tanque está parcialmente ocupado e em repouso após análise do produto em ciclo de certificação	Ocupado
T6 Cheio	Significa que o tanque está cheio e em repouso, sem estar em ciclo de certificação	Ocupado
T6 Não Cheio	Significa que o tanque está parcialmente ocupado e em repouso sem estar em ciclo	Ocupado

Marcação T	Critério	Situação do tanque
	de certificação	
T7 Vazio Certificado	Significa que o tanque está vazio após ter passado por um ciclo com produto certificado	Liberado
T7 Não Vazio Certificado	Significa que o tanque está parcialmente ocupado com produto certificado após passar por esvaziamento parcial	Liberado
T7 Vazio	Significa que o tanque está vazio após ter passado por um ciclo de tanque sem certificação	Liberado
T7 Não Vazio	Significa que o tanque está parcialmente ocupado com produto sem certificação após passar por esvaziamento parcial	Liberado
T6/T1 Cheio	Significa que o tanque está cheio e parado, após passar por uma etapa de enchimento, sem estar em um ciclo de certificação	Ocupado
T6/T1 Não Cheio	Significa que o tanque está parcialmente cheio e parado, após passar por uma etapa de enchimento, sem estar em um ciclo de certificação	Ocupado
T0/T7 Vazio	Significa que o tanque está vazio e parado, após passar por uma etapa de esvaziamento, sem estar em um ciclo de certificação	Ocupado
T0/T7 Não Vazio	Significa que o tanque está parcialmente vazio e parado, após passar por uma etapa de esvaziamento, sem estar em um ciclo de certificação	Ocupado

Fonte: elaborado pelo autor

Para definir qual a situação de stress do parque o algoritmo calcula qual a quantidade de tanques livres, o percentual de espaço disponível nos tanques livres, o percentual do espaço disponível nos tanques ocupados e a soma do espaço disponível nos tanques livres e ocupados. Para isso, o algoritmo verifica se o tanque está em status de operação ativo e se está livre ou ocupado, conforme os critérios do Quadro 28.

Se estiver ativo e livre, adiciona o tanque na contagem de tanques livres, soma a capacidade do tanque à capacidade total do parque, e atualiza o percentual de espaço disponível nos tanques livres. Se estiver ativo e ocupado, soma a capacidade do tanque na capacidade total do parque e atualiza o percentual de espaço disponível nos tanques ocupados.

Além disso, também é calculada a soma do percentual de espaço disponível nos tanques livres e ocupados.

Após realizados os cálculos relativos a tanques livres e aos campos de percentuais, aplicam-se os parâmetros mostrados no Quadro 27. Por exemplo, se há um tanque livre no parque e o percentual de espaço disponível nos tanques livres estiver entre 20% e 100%, então considera-se o parque, naquele intervalo de trinta minutos, como não estressado.

Entretanto, se o espaço disponível nos tanques livres estiver entre 5% e 20% do total, considera-se que o parque em situação de baixo stress. Já se esse percentual estiver entre 0% e 5%, o parque é definido como estando em situação de Médio Stress.

Ou seja, caso haja pelo menos um tanque livre no parque, esse parque não poderá ser classificado como situação de alto stress em qualquer situação. Também, caso não existam tanques livres no parque, ele jamais poderá ser classificado como estando em uma situação de não stressado ou de baixo stress.

Assim, um parque sem tanques livres pode ser enquadrado em apenas dois tipos de situação de stress. Se não tem tanques livres e o percentual de espaço livre nos tanques estiver entre 20% e 100%, considera-se o parque em situação de médio stress. Mas, se esse percentual estiver entre 0% e 20%, considera-se o parque em situação de alto stress.

Assim, podemos concluir também que situações de médio stress podem ocorrer tanto em parques com tanques livres quanto em parques sem tanques livres. A aplicação desses cálculos resulta em uma tabela que contém, para cada intervalo de trinta minutos, qual a situação de stress do parque. Um exemplo de um trecho de resultado de uma análise de stress é mostrado no Quadro 29.

Quadro 29 - Exemplo de resultado de uma análise de stress

Data Hora	Tanques Livres do Parque	% Espaço Disponível nos Tanques Livres	% Espaço Disponível nos Tanques Ocupados	% Espaço Disponível Total (Tanques Livres + Ocupados)	Capacidade Total do Parque	Stressômetro
25/02/2010 07:00	0	0	0,55965996	0,559659967	13205,95	3 - Laranja - Médio Stress
25/02/2010 07:30	0	0	0,56170350	0,561703509	13205,95	3 - Laranja - Médio Stress
25/02/2010 08:00	1	0,120703547	0,44203289	0,56273644	13205,95	2 - Amarelo - Baixo Stress
25/02/2010 08:30	1	0,120703547	0,44205521	0,56275876	13205,95	2 - Amarelo - Baixo Stress

Fonte: elaborado pelo autor

A próxima seção trata das variáveis analisadas neste trabalho. As variáveis são listadas e explicadas, e também é demonstrada a forma de cálculo de cada uma delas.

4.3 CÁLCULO DAS VARIÁVEIS DESCRITIVAS DO COMPORTAMENTO DO PARQUE DE TANCAGEM

Este estudo tem como um de seus objetivos específicos a determinação das variáveis prevalentes das situações de stress em parques de tancagem. Para esse fim, foi analisado um conjunto de cinquenta e nove variáveis, todas calculadas com base nos dados de movimentação, níveis de estoque, status operacional e na marcação dos “Ts”, já explicadas no decorrer deste capítulo.

As fórmulas de cálculo das variáveis analisadas já foram apresentadas no capítulo anterior, no Quadro 17, e foram todas implementadas na ferramenta computacional desenvolvida para este trabalho, cujo funcionamento é explicado na seção “Lógica geral da ferramenta”, a seguir.

4.4 LÓGICA GERAL DA FERRAMENTA

Conforme exposto em na seção Objeto e problema de pesquisa, utilizou-se, nesse estudo, método de medição de stress de parques de tancagem, proposto pelo GMAP-UNISINOS (2011). Esse método, quando de sua definição e validação junto à Empresa X, foi implementado computacionalmente através do uso de macros da linguagem Visual Basic inseridos em planilhas eletrônicas no formato Microsoft Excel.

Essa implementação foi de grande valia para validar o funcionamento do método e também para que os resultados das análises pudessem ser validados pela Empresa X,

comprovando, assim, sua correção. Entretanto, o uso de planilhas eletrônicas dificulta o uso do método, inclusive por que cada versão do Excel exige um código específico, exige uma série de cuidados passos manuais do usuário. Além disso, a consulta às informações e a comparação de dados é dificultada, uma vez que os dados de um parque ficam dispersos em várias planilhas.

Assim, um dos objetivos específicos estabelecidos para este trabalho foi o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que implementasse o método do GMAP-UNISINOS (2011). Essa ferramenta, além de replicar as funcionalidades relativas à determinação de situações de stress em parques de tancagem, utiliza um banco de dados relacional, permite acesso remoto via internet, e tem controle de acesso sobre as informações cadastradas. Também utiliza uma linguagem de desenvolvimento orientada a objetos e de larga utilização no mercado. Para atender a esses requisitos, optou-se pela utilização das ferramentas listadas no Quadro 30.

Quadro 30 - Configurações do ambiente de desenvolvimento da aplicação

Item	Produto	Versão
Sistema Operacional	Windows 8	Professional - 32 bits
Plataforma de Desenvolvimento	.NET	4.5.51641
Ferramenta de Desenvolvimento	Microsoft Visual Studio	Ultimate 2013 – 32 bits
Linguagem de Desenvolvimento	ASP .Net	4.5
Banco de Dados	Microsoft SQL Server 2012 (SP1)	11.0.3000.0 - Express Edition
Servidor de Aplicação	IIS	8.0 - Express
Framework	Entity Framework	6

Fonte: elaborado pelo autor.

O funcionamento básico e as telas da aplicação desenvolvidas são mostradas no APÊNDICE A – Interfaces da ferramenta desenvolvida”. Devido ao tempo disponível para o desenvolvimento da aplicação, nem todas as funcionalidades foram disponibilizadas através de interfaces gráficas. Por exemplo, todo o processo de discretização dos dados, marcação dos “Ts”, determinação dos níveis de stress e cálculos das variáveis, que foram implementados através de procedimentos no banco de dados, não tiveram uma implementação na interface.

Todos esses itens são executados diretamente no banco de dados, através da interface de navegação do Microsoft Visual Studio e da passagem dos parâmetros adequados.

Para visualização dos resultados, foram utilizadas consultas no formato SQL (*Standard Query Language*), que foram desenvolvidas para apresentar os resultados na mesma forma de apresentação constante nos arquivos de formato Microsoft Excel utilizados no método do GMAP-UNISINOS (2011).

A utilização da ferramenta começa com o cadastro de um órgão, diretamente no banco de dados. Esse órgão que poderá ter vários parques de tancagem, sendo os parques de tancagem também cadastrados via banco de dados. Para cadastrar um parque, é obrigatório informar a que órgão ele pertence. Em seguida, o usuário pode acessar a aplicação, através de um navegador *web*, e cadastrar os tanques com suas características de capacidade nominal, volume mínimo e volume máximo. Para cadastrar um tanque, é obrigatório informar um parque.

Após realizado o cadastro básico, o usuário pode importar o arquivo no formato Microsoft Excel, no mesmo formato Microsoft Excel utilizado pelo método de GMAP-UNISINOS (2011). Esse arquivo contém três abas, com as movimentações do tanque, níveis de estoque e status operacionais. Para importar o arquivo, o usuário escolhe em uma lista o tanque ao qual o arquivo se refere, seleciona o arquivo desejado através de uma caixa de diálogo, e depois clica nos botões “Importar Movimentações”, “Importar Estoques” e “Importar Manutenções”. Cada um desses botões dispara procedimentos específicos para importar os dados para as tabelas onde ficam armazenados em seu formato original e também para as tabelas com o formato específico da aplicação.

Com os dados armazenados, o usuário pode fazer o acesso e executar os procedimentos desenvolvidos no banco de dados para alimentar uma tabela com os dados consolidados e a marcação dos “Ts” (conforme explicado na seção “Algoritmo de identificação dos “ts””), alimentar outra tabela os registros de níveis de stress do tanque (conforme explicado em “Identificação das situações de Stress em Parques de Tancagem”) e ainda outra tabela com os cálculos das variáveis (conforme explicado em “A próxima seção trata das variáveis analisadas neste trabalho. As variáveis são listadas e explicadas, e também é demonstrada a forma de cálculo de cada uma delas.

Cálculo das variáveis descritivas do comportamento do parque de tancagem”).

Após realizar esse procedimento para todos os parques de um tanque, o usuário pode, via banco de dados, cadastrar uma análise de stress e informar quais arquivos de tanques devem ser considerados na análise. Conforme explicado em “Identificação das situações de Stress em Parques de Tancagem”, o algoritmo baseia a definição do stress em critérios de liberação/ocupação do tanque e em parâmetros de tanques livres e percentuais de espaços disponíveis. Assim, foram criadas duas tabelas, uma para armazenar os parâmetros e outra para armazenar os critérios, sendo que essas duas planilhas são consultadas pelo algoritmo de determinação de stress durante os cálculos efetuados pelo procedimento. Após a execução do procedimento, os resultados relativos ao stress do parque ficam armazenados em uma tabela específica e podem ser visualizados através de consultas no banco de dados.

Além disso também há um procedimento implementado para calcular as médias das variáveis, conforme explicado em “Coleta e tratamento de dados”. Após sua execução, os resultados ficam armazenados em uma tabela específica e podem ser visualizados através de consultas no banco de dados. A forma como esses dados foram validados é apresentada na seção a seguir.

4.5 MECANISMO DE VALIDAÇÃO

Para a implementação do algoritmo de marcação dos “Ts” e a definição do nível de stress de um parque de tancagem, foram seguidos os princípios definidos no método do GMAP-UNISINOS (2011). Para validação do método, o GMAP-UNISINOS (2011) desenvolveu macros na linguagem Visual Basic, em arquivos no formato Microsoft Excel, e processaram as informações relativas aos tanques dos parques considerados nesse estudo.

Quando do desenvolvimento da aplicação para este estudo, já se tinha uma base de arquivos com o resultado do processamento das informações dos tanques que foram aqui analisados. Desse modo, o processo de validação consistiu em importar e processar os arquivos na nova aplicação e comparar os resultados com os arquivos gerados por GMAP-UNISINOS (2011), garantindo-se, assim, que os resultados fossem rigorosamente iguais.

Para isso, foram construídas três consultas em linguagem SQL (*Structures Query Language*) que buscavam no banco de dados as informações a serem comparadas com as

informações originais do GMAP-UNISINOS (2011). A primeira foi construída para retornar as informações no mesmo formato da planilha consolidada do arquivo original, que continha as informações de estoques, marcação dos “Ts” e espaço disponível de um tanque. A segunda consulta foi definida para retornar as informações das variáveis calculadas para um tanque no mesmo formato da planilha original. Já a terceira consulta foi construída para buscar o resultado da avaliação do stress de um parque, também no mesmo formato da planilha original.

Para garantir que os dados fossem exatamente iguais, os dados gerados pela ferramenta desenvolvida eram inseridos na planilha original, ao lado dos dados originais. Após, os dados eram comparados através da função SE do Excel, uma função lógica, que retornar um valor se uma condição for verdadeira e outro valor se ela for falsa. Essa expressão foi definida da seguinte forma *SE (Valor_Original = Valor_Calculado;"OK";"ERRO")* para cada um dos campos calculados.

Ou seja, se o valor original fosse igual ao calculado, a expressão retornava “OK”, se não, retornava “ERRO”. Dessa forma, foi possível identificar rapidamente os campos cujos cálculos apresentavam diferença e efetuar as correções necessárias. Esse procedimento foi realizado para todas as informações calculadas e para todos os tanques e parques analisados nesse estudo.

O Quadro 31 apresenta a forma de controle utilizada para a validação dos dados da ferramenta. A coluna “Importado” indica se o arquivo foi importado para a ferramenta. Já a coluna “Reprocessado” indica se foi feito o processo de cálculo dos dados pela ferramenta.

A coluna “Consolidado” indica se os dados calculados para a planilha consolidada estão de acordo com os dados da planilha consolidada original. A coluna “Variáveis” indica se as variáveis calculadas pela ferramenta estão iguais às da planilha original. A coluna “Análise Stress” indica se o cálculo de stress do parque realizado pela ferramenta está de acordo com o cálculo do arquivo original.

Quadro 31 - Controle do processo de validação dos dados

Refinaria	Parque	Tanque	Importado	Reprocessado	Consolidado	Variáveis	Análise Stress	
REFINARIA1	REFINARIA1_DIESEL	P801A	OK	OK	OK	OK	OK	
		P801B	OK	OK	OK	OK		
		P801C	OK	OK	OK	OK		
		P801D	OK	OK	OK	OK		
		P801E	OK	OK	OK	OK		
		P801K	OK	OK	OK	OK		
		P807D	OK	OK	OK	OK		
	REFINARIA1_GLP	E4501	OK	OK	OK	OK	OK	
		P827A	OK	OK	OK	OK		
		P827B	OK	OK	OK	OK		
		P827C	OK	OK	OK	OK		
	REFINARIA1_PROPENO	P836	OK	OK	OK	OK	OK	
		P837A	OK	OK	OK	OK		
		P837B	OK	OK	OK	OK		
		P837C	OK	OK	OK	OK		
REFINARIA2	REFINARIA2_DIESEL	01B	OK	OK	OK	OK	OK	
		01C	OK	OK	OK	OK		
		01D	OK	OK	OK	OK		
		01E	OK	OK	OK	OK		
		01F	OK	OK	OK	OK		
		01G	OK	OK	OK	OK		
		01P	OK	OK	OK	OK		
		76A	OK	OK	OK	OK		
		76C	OK	OK	OK	OK		
		76D	OK	OK	OK	OK		
		76E	OK	OK	OK	OK		
		76G	OK	OK	OK	OK		
	76I	OK	OK	OK	OK			
	REFINARIA2_QAV	66C	OK	OK	OK	OK	OK	
		66D	OK	OK	OK	OK		
		66E	OK	OK	OK	OK		
	REFINARIA3	REFINARIA3_DIESEL	76C	OK	OK	OK	OK	OK
			76D	OK	OK	OK	OK	
76E			OK	OK	OK	OK		
76F			OK	OK	OK	OK		
76G			OK	OK	OK	OK		
REFINARIA3_QAV		66A	OK	OK	OK	OK	OK	
		66B	OK	OK	OK	OK		
		66C	OK	OK	OK	OK		
		66D	OK	OK	OK	OK		
		66E	OK	OK	OK	OK		

Fonte: elaborado pelo autor

Neste capítulo foi apresentado o processo de desenvolvimento da ferramenta computacional utilizada nesse estudo. O próximo capítulo apresenta os resultados obtidos da análise das variáveis desse estudo através das redes neurais artificiais.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar os resultados da análise com redes neurais artificiais aplicada às variáveis consideradas nesse estudo.

5.1 AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS PELAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Conforme o apresentado na seção “Análise dos dados”, optou-se pela criação de cinco cenários para a avaliação da importância das variáveis. Os cenários definidos são lembrados no Quadro 32.

Quadro 32 - Cenários criados para o a análise dos dados

Cenário	Nome do cenário	Descrição do cenário
Cenário 1	Volumétrico – Absoluto	Inclui todas as variáveis que se enquadram nas dimensões “Volumétrico” e “Absoluto”
Cenário 2	Com Qualidade – Absoluto	Inclui todas as variáveis que se enquadram nas dimensões “Com Qualidade” e “Absoluto”
Cenário 3	Com Qualidade – Relativo	Inclui todas as variáveis que pertencem às dimensões “Com Qualidade” e “Relativo”
Cenário 4	Volumétrico – Relativo	Inclui todas as variáveis que pertencem simultaneamente às dimensões “Volumétrico” e “Relativo”
Cenário 5	Todos	Leva em consideração todas as variáveis deste estudo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a avaliação dos cenários, foi necessária o treinamento de cinco diferentes redes neurais artificiais, uma para cada cenário analisado. Como o cálculo de stress considerou 53 semanas (um ano) de cada um dos 7 parques de tancagem analisados, obteve-se 371 amostras de cada uma das variáveis analisadas. Assim, a cada rede neural foram submetidas 371 amostras de cada uma das variáveis analisadas em cada cenário, sendo que nenhuma das amostras foi descartada. O resumo dos processamentos realizados pelas redes neurais artificiais pode ser visto no Quadro 33.

Quadro 33 – Resumo dos processamentos das Redes Neurais Artificiais

Resumo dos processamentos		Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4		Cenário 5	
		N	Perc.								
Amostra	Treinamento	304	81,9%	271	73,0%	272	73,3%	313	84,4%	304	81,9%
	Testes	30	8,1%	75	20,2%	79	21,3%	38	10,2%	30	8,1%
	Validação	37	10,0%	25	6,7%	20	5,4%	20	5,4%	37	10,0%
Válido		371	100,0%	371	100,0%	371	100,0%	371	100,0%	371	100,0%
Excluídos		0		0		0		0		0	
Total		371		371		371		371		371	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores referentes às amostras de treinamento, testes e validação indicam a quantidade de amostras utilizadas em cada um desses grupos. A amostra de treinamento é o conjunto de dados utilizado para treinar a rede neural. A amostra de testes é um conjunto de dados usados para detectar erros durante o treinamento. Já a amostra de validação é um outro conjunto de dados usados para avaliar a rede neural artificial após encerrado o treinamento. Assim, a amostra de validação permite que se tenha uma estimativa realista de como a rede neural artificial se comportará em um ambiente real, pois utiliza um conjunto de dados que não foi utilizado no treinamento e no teste do modelo.

Conforme apresentado na seção 2.3 Redes Neurais Artificiais, utilizou-se a técnica de cross-validation, que provê uma maneira padronizada de prever erros de um processo de treinamento (Hastie et al., 2001). Para isso, a amostra foi dividida em épocas, sendo as épocas de tamanho 6. Essa divisão foi gerada automaticamente pelo software SPSS 22, informando-se o tamanho de lote 6 no comando “Minilote”. Desse modo, a cada passagem de época, os pesos da rede são ajustados, ou seja, a cada 6 conjuntos de amostras apresentados, os pesos da rede são ajustados através do algoritmo de “retropropagação de erro” (*error backpropagation*) (HINTON, 1992, p.146).

Para validação da taxa de treinamento, procedeu-se da mesma forma que Souza (2013), de modo que foram testadas, de maneira heurística e experimental, outras taxas de aprendizagem. Os menores erros quadrados em cada cenário foram obtidos com as taxas de aprendizagem apresentadas no Quadro 33, através da quantidade de dados para treinamento, teste e validação.

O modelo de análise do presente trabalho contém 59 variáveis independentes ou covariáveis. Ou seja, são 59 diferentes dados relativos às movimentações de produtos nos parques de tancagem que podem influenciar a formação de situações de stress em parques de tancagem. As redes neurais artificiais, na camada de entrada, utilizam uma unidade de entrada para cada variável. Como a análise considerou cinco cenários diferentes e agrupou as variáveis em categorias, a quantidade de unidades na camada de entrada variou de acordo com a quantidade de categorias pertencentes a cada cenário. Assim, as camadas de entrada dos cenários 1 e 4 tiveram 22 unidades, as camadas de entrada dos cenários 2 e 3 tiveram 21 unidades, e a camada de entrada do cenário 5, que continha todas as variáveis, teve 59 unidades.

Além dos neurônios referentes às variáveis da análise, consta na estrutura das redes neurais um neurônio denominado Viés (ou Bias), que é um neurônio adicional que aumenta os graus de liberdade da análise e permite uma melhor adaptação da rede neural ao conhecimento oferecido a ela (SOUZA, 2013).

As variáveis independentes também foram redimensionadas através do método de “Normalização ajustada”. A normalização subtrai o mínimo e divide pelo alcance, através da fórmula $(x - \min) / (\max - \min)$, de modo que os valores resultantes ficam entre 0 e 1. Já a normalização ajustada utiliza $[2 * (x - \min) / (\max - \min)] - 1$, que faz com que os valores resultantes fiquem entre -1 e 1. A normalização das variáveis de entrada é uma das técnicas sugeridas por Haykin (2001) para melhorar o desempenho do algoritmo de propagação.

Redes neurais artificiais com camadas ocultas possuem maior capacidade de reconhecimento de padrões, sendo, desse modo, mais poderosas (Souza, 2013). Deste modo, utilizou-se, nesta pesquisa, uma rede neural artificial com uma camada oculta, contendo nove unidades nos Cenários 1 a 4 e quatro unidades no Cenário 5. Essas unidades representam as relações entre as variáveis do modelo de análise, chamadas de Processamento: Relação entre as variáveis.

A função de ativação da camada oculta utilizada foi a Tangente Hiperbólica, uma vez que uma Rede Neural Artificial que utiliza um perceptron de múltiplas camadas, em geral, requer um menor número de iterações de treinamento quando a função de ativação for anti-simétrica (HAYKIN, 2001).

A camada de saída da rede neural artificial contém uma variável dependente que, no modelo de análise, é chamada de Percentual de Stress do Parque de Tancagem (PStress). A função de ativação da camada de saída utilizada nos cenários 1, 3, 4 e 5 é a função Identidade, assim, os valores obtidos na análise da rede neural são devolvidos sem qualquer alteração. No cenário 2 o melhor resultado foi obtido com a função Tangente Hiperbólica,

O Quadro 34 abaixo apresenta informações referentes à estrutura da rede neural artificial gerada, dividida em três camadas: camada de entrada, camada oculta e camada de saída.

Quadro 34 - Informações da Rede Neural Artificial

Informações de rede		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Camada de entrada	Número de unidades ^a	22	21	21	22	59
	Método de reescalonamento para covariáveis	Normalizado ajustado				
Camadas ocultas	Número de camadas ocultas	1	1	1	1	1
	Número de Unidades na Camada Oculta	9	9	9	9	4
	Função de ativação	Tangente hiperbólica				
Camada de saída	Variáveis dependentes	1	1	1	1	1
	Número de unidades	1	1	1	1	1
	Método de reescalonamento para dependentes de escala	Normalizado ajustado				
	Função de ativação	Identidade	Tangente hiperbólica	Identidade	Identidade	Identidade
	Função de erro	Soma dos Quadrados				
a. Excluindo a unidade de viés						

Fonte: Elaborado pelo autor.

A rede neural artificial gera informações referentes à variável de saída, apresentadas no Quadro 35 a seguir, no qual é possível visualizar a soma dos erros ao quadrado e erros relativos a variável de saída e a média aritmética dos mesmos. Os resultados estão agrupados em três etapas: treinamento, teste e validação. O valor referente à soma dos erros quadrados refere-se ao somatório do quadrado da diferença entre o valor estimado pela rede e o valor real. Já o valor referente ao erro relativo é a taxa de predições incorretas obtidas comparando-se o valor estimado pela rede e o valor real. Desse modo, conclui-se que as redes neurais artificiais, na etapa de validação dos resultados, obtiveram médias de erro entre 5,3%, no Cenário 4, e 19,7%, no Cenário 3.

Quadro 35 - Erros Médios Quadrados e Relativos da Rede Neural Artificial

Resumo dos modelos		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Treinamento	Soma dos erros quadráticos	4,060	12,755	10,689	6,289	3,743
	Erro relativo	0,110	0,383	0,321	0,161	0,101
	Regra de parada usada	10 etapas consecutivas sem diminuição de erros	100 etapas consecutivas sem diminuição de erros	100 etapas consecutivas sem diminuição de erros	10 etapas consecutivas sem diminuição de erros	10 etapas consecutivas sem diminuição de erros
	Tempo de treinamento	0:00:00,17	0:00:00,92	0:00:01,01	0:00:00,16	0:00:00,20
Testes	Soma dos erros quadráticos	0,578	3,462	4,142	1,070	0,563
	Erro relativo	0,117	0,349	0,379	0,206	0,114
Validação	Erro relativo	0,078	0,155	0,197	0,053	0,065

Fonte: Elaborado pelo autor

Isso significa que, no Cenário 4, que foi o cenário com menor percentual de erro, os valores calculados pela rede neural artificial tiveram uma diferença média de 5,3% em relação aos valores reais. A regra de parada usada indica qual o critério de encerramento do treinamento. Nas cinco redes neurais treinadas o critério de parada foi a quantidade de iterações de treinamento sem redução do erro das redes. No Cenário 2 e no Cenário 3 essa quantidade foi 100 iterações e nos demais cenários 10 iterações.

Essa taxa de erro é considerada como adequada para estudos desse tipo na indústria de petróleo. O estudo de KARIMPOULI et al. (2010), que trata da predição de permeabilidade em reservas de petróleo obteve uma taxa de erro de 15,87%. Já o estudo de BOOZARJOMEHRY et al. (2005), que reporta sete diferentes redes neurais para avaliação de propriedades de substâncias no petróleo e obteve taxas de erro variando entre 1% e 31%. FRATE et al. (1999) construíram duas redes neurais artificiais para detecção de manchas de

vazamentos de óleo verdadeiras ou falsas com base na análise de imagens, sendo que obtiveram uma taxa de erro de 18% para o primeiro caso e de 10% para o segundo caso.

No “APÊNDICE B – Parâmetros de estimativa das redes neurais artificiais” são apresentados os pesos dos neurônios que também são chamados de parâmetros e estimativa gerados através da função de ativação dos mesmos. Os valores contidos no APÊNDICE B são o resultado do funcionamento dos neurônios da rede neural artificial gerada. Na coluna “Neurônio”, estão os neurônios precedentes; nas colunas posteriores, à direita, estão os resultados contidos no respectivo neurônio da coluna após a execução das funções de combinação e de ativação. Uma terceira função, denominada função de transferência, é executada após as funções de combinação e ativação, tendo por objetivo tomar o valor de ativação e produzir a saída do neurônio (SOUZA, 2013).

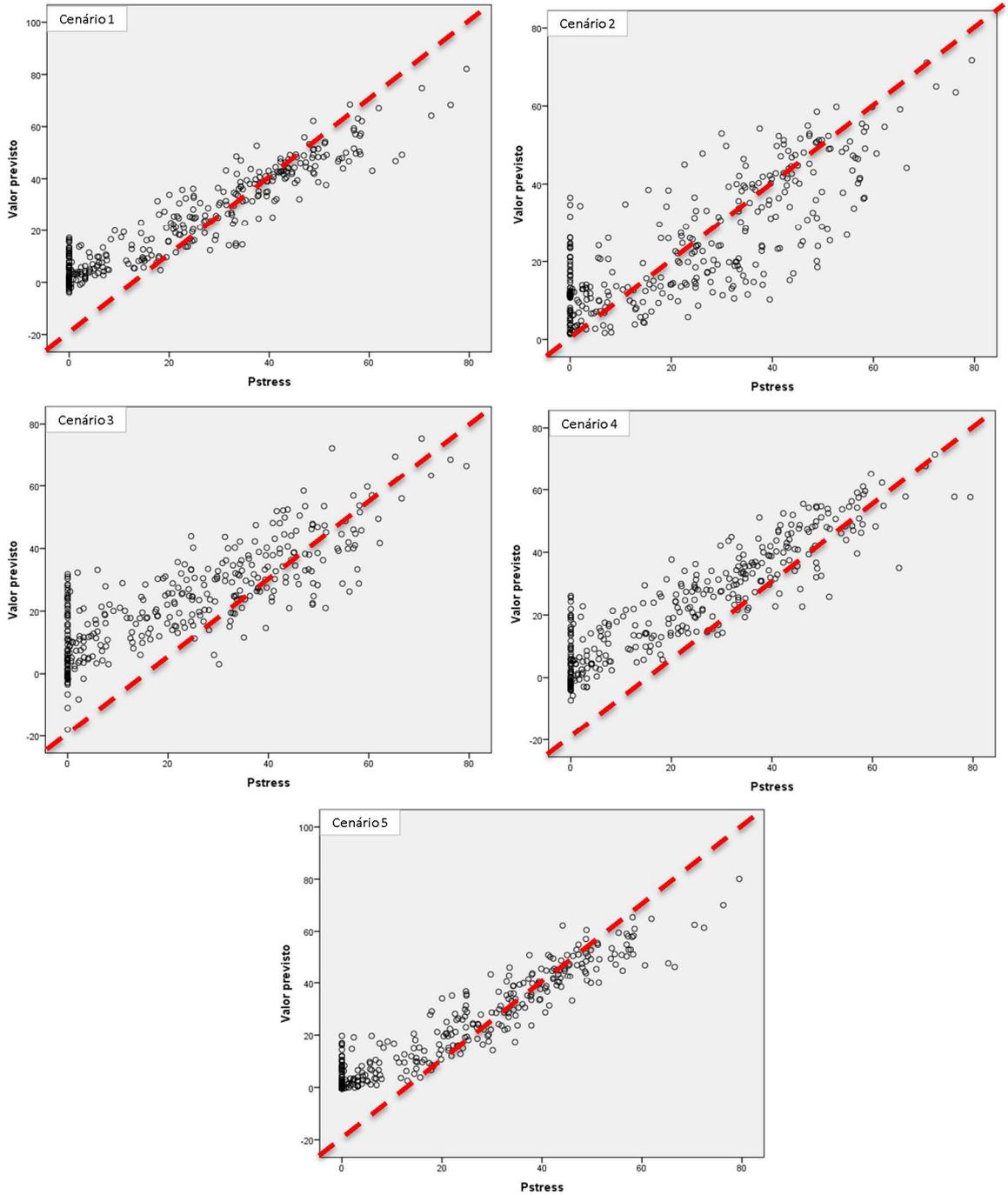
Na camada de saída os neurônios têm como função de ativação a função Identidade, que retorna para a rede o valor original do neurônio, ou a função Tangente Hiperbólica. Segundo Haykin (2001), é importante que os valores-alvo (resposta desejada) sejam escolhidos dentro do intervalo da função de ativação sigmoide. Ou seja, a resposta desejada deve ser deslocada por uma quantidade \mathcal{E} afastada do limite da função de ativação sigmoide, dependendo se o valor limite é positivo ou negativo, com o objetivo de evitar que a redução da velocidade do processo de treinamento e à saturação dos neurônios ocultos. Assim, optou-se por utilizar a normalização ajustada para a variável dependente, com fator de correção $\mathcal{E} = 0,02$ para todos os cenários, que é o valor sugerido por padrão pelo software SPSS.

O Gráfico 1 a seguir apresenta uma análise comparativa dos os valores reais da variável de saída e dos valores estimados para a variável de saída pelas redes neurais artificiais. O eixo “x” dos gráficos apresentam os valores reais da variável de saída, e no eixo “y” pode-se visualizar os valores previstos pelas redes neurais artificiais em cada cenário. Em uma rede neural com 100% de acerto, na qual todos os valores previstos pela rede neural artificial fossem iguais aos valores reais das variáveis de saída, os pontos do gráfico estariam dispostos em uma sequência com 45° de inclinação.

É possível perceber que, no gráfico apresentado, a inclinação dos pontos tem um ângulo próximo de 45°, especialmente nos cenários 1, 4 e 5. Assim, pode-se observar que as redes obtiveram taxas de acerto satisfatórias nas suas estimativas. Conforme apresentado no

Quadro 35, a variável PStress teve acuracidade entre 80,3 % na etapa de treinamento e de 94,7% na etapa de testes.

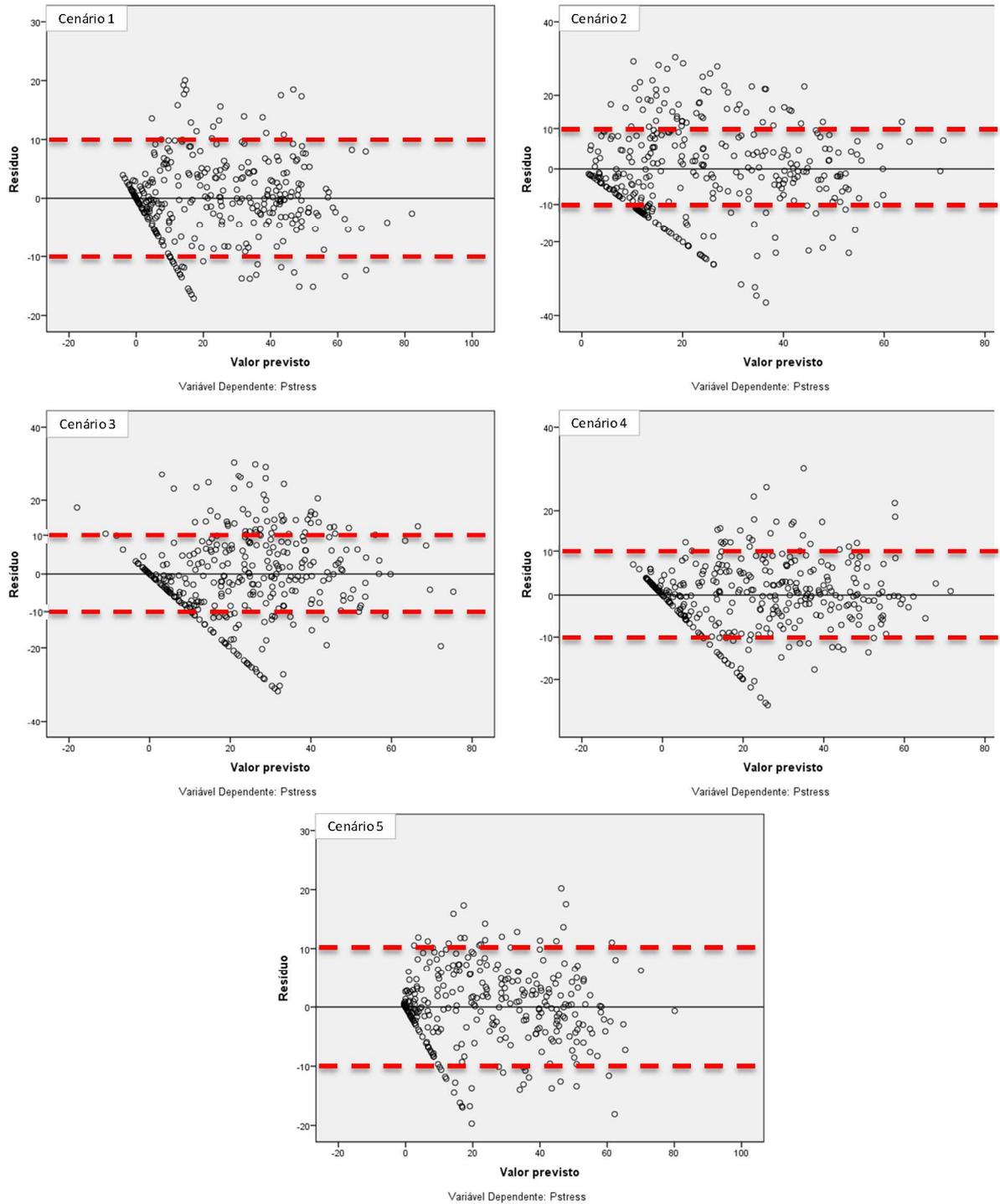
Gráfico 1- Relação entre Valor Previsto (Estimado) e Valor Real (Desejado) da variável de saída



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 2 apresenta os valores de resíduos, que são a diferença entre o valor previsto (estimado) pela rede neural artificial e o valor real (real desejado).

Gráfico 2 - Gráfico de Resíduos da Variável de Saída



Fonte: Elaborado pelo Autor

No Gráfico 2 acima, pode-se perceber que nos cenários 1, 3 e 5 as redes neurais artificiais obtiveram taxas de erros, na grande maioria dos casos, menores que 10% entre o valor previsto(estimado) e o valor real (desejado). Na próxima seção são identificadas as variáveis prevalentes nas situações de stress em cada um dos cenários analisados.

5.2 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS PREVALENTES

A última etapa da análise de resultados da rede neural artificial responde a questão de pesquisa deste estudo, que visa identificar quais as variáveis prevalentes na criação de situações de stress de parques de tancagem?

Os quadros a seguir apresentam a importância das variáveis em cada um dos cenários analisados. Os valores de importância das variáveis independentes definem a importância delas na determinação da rede neural artificial. A determinação da rede neural artificial, por sua vez, refere-se às saídas que aquela processa, sendo que o resultado é gerado através de uma análise computacional sensitiva da rede neural artificial (SOUZA, 2013). A forma como o SPSS faz essa análise sensitiva é descrita a seguir (IBM, 2012).

Para cada preditor p e cada entrada m , calcula-se conforme a equação a seguir:

$$d_{pm} = \max_{x_{p1}, x_{p2} \in S_p} \left\| \hat{Y}_{p1}^{(m)} - \hat{Y}_{p2}^{(m)} \right\|$$

Onde $\hat{Y}_{pk}^{(m)}$ é o vetor de saídas previstas (normalizadas se a normalização da variável de saída for usada no treinamento), usando $(x_1^{(m)}, \dots, x_{p-1}^{(m)}, x_{1p_k}, x_{p+1}^{(m)}, \dots, x_p^{(m)})$ como sua entrada, e $S_p = \{x_p^{\min}, x_p^{(2)}, x_p^{(3)}, x_p^{(4)}, x_p^{(\max)}\}$ para preditores de escala (que tratam com valores contínuos, como no caso deste estudo) e $\{(1,0, \dots, 0), (0,1, \dots, 0), \dots, (0,0, \dots, 1)\}$ para preditores categoriais (variáveis nominais ou ordinais, não utilizadas nesse estudo).

Então, calcula-se $d_p = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M d_{pm}$ e normaliza-se o d_p para 1, e reporta esses valores normalizados como os valores de sensibilidade para os preditores. Esse valor é a média máxima que podemos esperar que a saída mude com base na mudança do preditor p^n . Quanto maior a sensibilidade, maior a mudança causada na variável de saída pela mudança na variável de entrada.

A saída das redes neurais artificiais deste trabalho é a variável que representa informações relativas às movimentações de produtos nos tanques dos parques de tancagem. Dessa forma, a importância das variáveis representa o quanto as variáveis independentes, ou seja, os dados relativos às movimentações dos tanques influenciam a criação de situações de stress em parques de tancagem.

A seguir, os gráficos apresentam o resultado das variáveis independentes normalizadas, e pode-se verificar quais são as variáveis dependentes de maior e de menor importância na determinação dos resultados das variáveis dependentes em cada cenário. Os valores estão normalizados, pois a maior contribuição recebe 100% e as demais são normalizadas entre valores de 0 a 100%.

O Quadro 36 mostra o grau de importância das variáveis independentes e suas categorias no Cenário 1 (Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto), no qual foram analisadas as variáveis absolutas relacionadas à Volume.

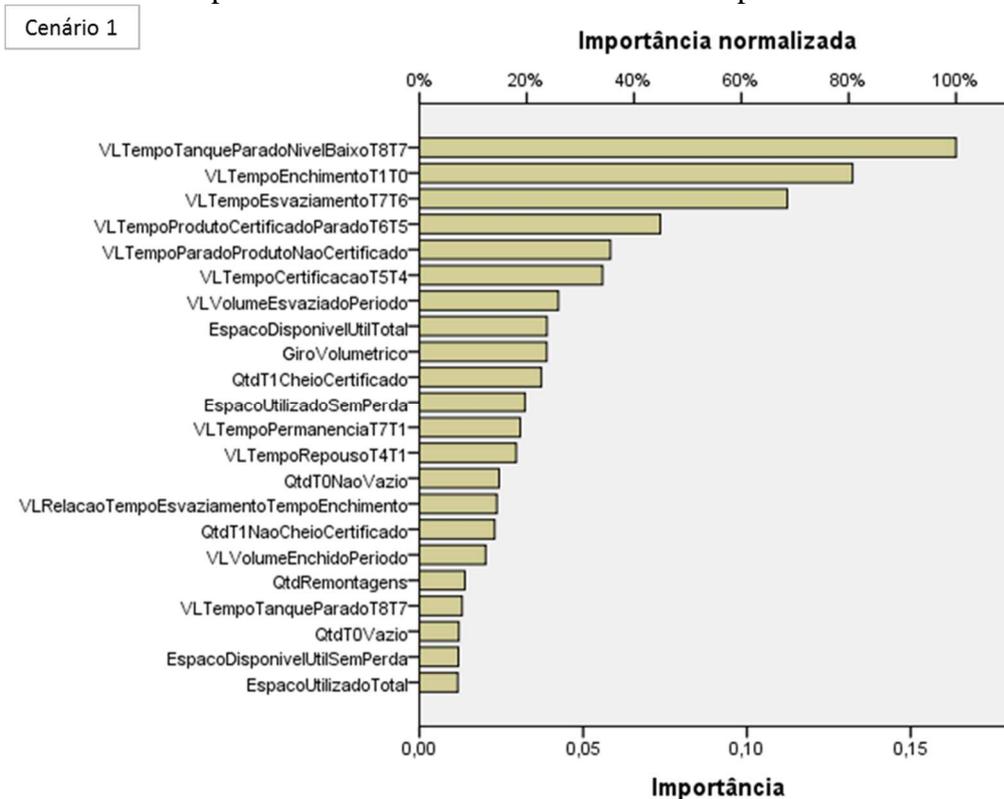
Quadro 36 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 1

Importância das variáveis independentes no Cenário 1			
Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,16384	100,00%
VLTempoEnchimentoT1T0	Tempo de Enchimento	0,13225	80,72%
VLTempoEsvaziamentoT7T6	Tempo de Esvaziamento	0,11232	68,56%
VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Tempo Produto Certificado	0,07354	44,89%
VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	Tempo Parado Produto Não Certificado	0,05833	35,60%
VLTempoCertificacaoT5T4	Tempo Certificação	0,05589	34,11%
VLVolumeEsvaziadoPeriodo	Volume Esvaziado no Período	0,04243	25,90%
EspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponivel UtilTotal	0,03896	23,78%
GiroVolumetrico	Giro	0,03889	23,74%
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	0,03717	22,69%
EspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,03225	19,68%
VLTempoPermanenciaT7T1	Tempo de Permanência T7T1	0,03081	18,80%
VLTempoRepousoT4T1	Tempo de Repouso	0,02956	18,04%
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	0,02435	14,86%
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,02365	14,43%
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	0,02298	14,03%
VLVolumeEnchidoPeriodo	Volume Enchido	0,02023	12,35%
QtdRemontagens	QtdRemontagens	0,01391	8,49%
VLTempoTanqueParadoT8T7	Tempo de Tanque Parado	0,01301	7,94%
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	0,01201	7,33%
EspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponivel Util Sem Perda	0,01191	7,27%
EspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,01171	7,15%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as categorias que mais se destacaram foram Tempo de Tanque Parado Nível Baixo, Tempo de Enchimento e Tempo de Esvaziamento. Já o Gráfico 3 apresenta a importância das variáveis normalizada para o Cenário 1.

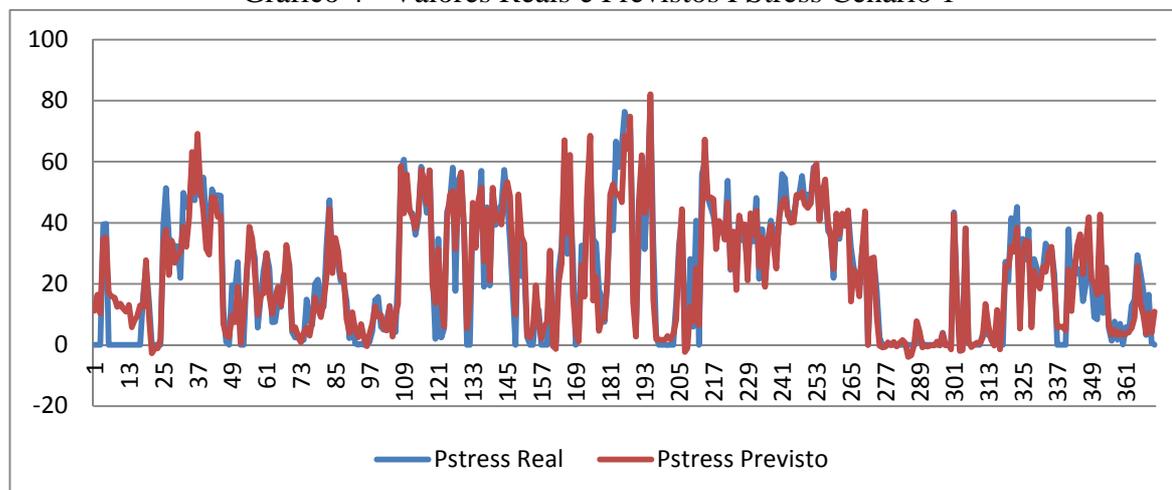
Gráfico 3- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 1



Fonte: elaborado pelo autor.

O Gráfico 4 mostra os valores reais da variável Pstress em azul e os valores previstos pela rede neural artificial do Cenário 1 para as 371 observações utilizadas na análise.

Gráfico 4 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 1



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 37 mostra o grau de importância das variáveis independentes no Cenário 2 (Com qualidade – Absoluto). no qual foram analisadas as variáveis absolutas relacionadas a um ciclo de qualidade.

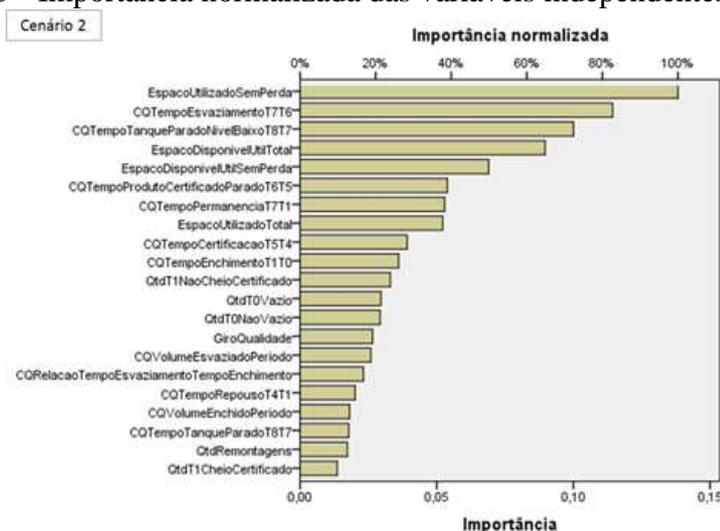
Quadro 37 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 2

Importância das variáveis independentes no Cenário 2			
Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
EspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,13826	100,00%
CQTempoEsvaziamentoT7T6	Tempo de Esvaziamento	0,11433	82,70%
CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,10002	72,34%
EspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponivel UtilTotal	0,08971	64,88%
EspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponivel Util Sem Perda	0,06901	49,92%
CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Tempo Produto Certificado	0,05387	38,97%
CQTempoPermanenciaT7T1	Tempo de Permanência T7T1	0,05289	38,26%
EspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,05221	37,76%
CQTempoCertificacaoT5T4	Tempo Certificação	0,03918	28,34%
CQTempoEnchimentoT1T0	Tempo de Enchimento	0,03608	26,09%
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	0,03299	23,86%
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	0,02958	21,40%
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	0,02925	21,16%
GiroQualidade	Giro	0,02655	19,21%
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	Volume Esvaziado no Período	0,02592	18,75%
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,02316	16,75%
CQTempoRepousoT4T1	Tempo de Repouso	0,02010	14,54%
CQVolumeEnchidoPeriodo	Volume Enchido	0,01810	13,09%
CQTempoTanqueParadoT8T7	Tempo de Tanque Parado	0,01782	12,89%
QtdRemontagens	QtdRemontagens	0,01735	12,55%
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	0,01363	9,86%

Fonte: elaborado pelo autor.

O Gráfico 5 apresenta a importância das variáveis normalizada para o Cenário 2.

Gráfico 5 - Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 2

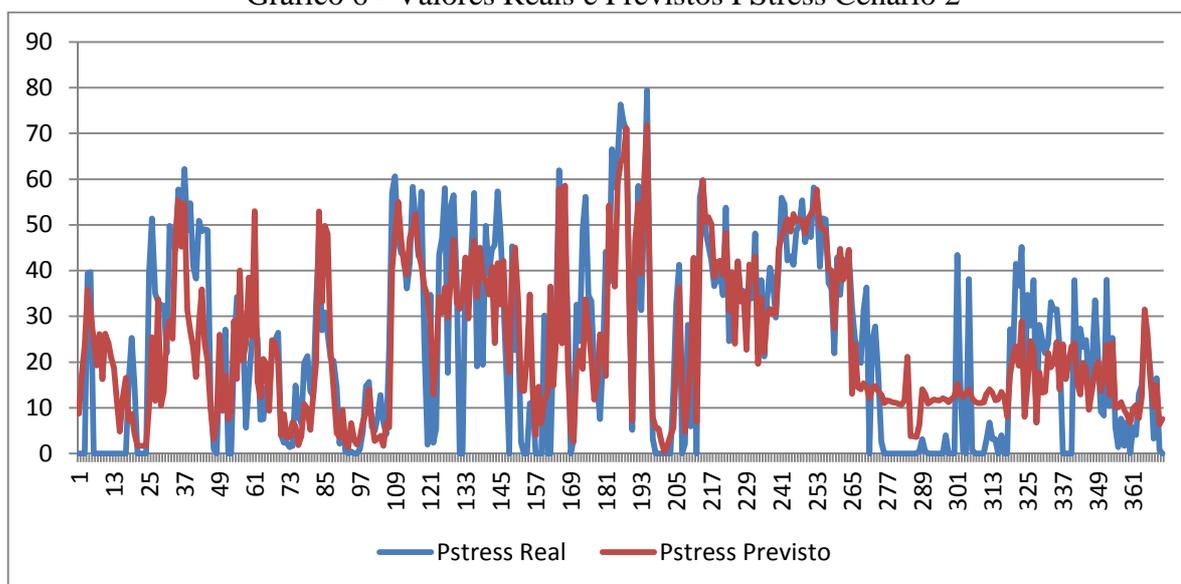


Fonte: Elaborado pelo autor.

No Cenário 2 as categorias que mais se destacaram foram Espaço Utilizado Sem Perda, Tempo de Esvaziamento, e Tempo de Tanque Parado Nível Baixo

O Gráfico 6 mostra os valores reais da variável Pstress em azul e os valores previstos pela rede neural artificial do Cenário 2 para as 371 observações utilizadas na análise.

Gráfico 6 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 38 mostra o grau de importância das variáveis independentes no Cenário 3, (Com qualidade – Relativo), no qual foram analisadas as variáveis relativas relacionadas a um ciclo de qualidade.

Quadro 38 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 3

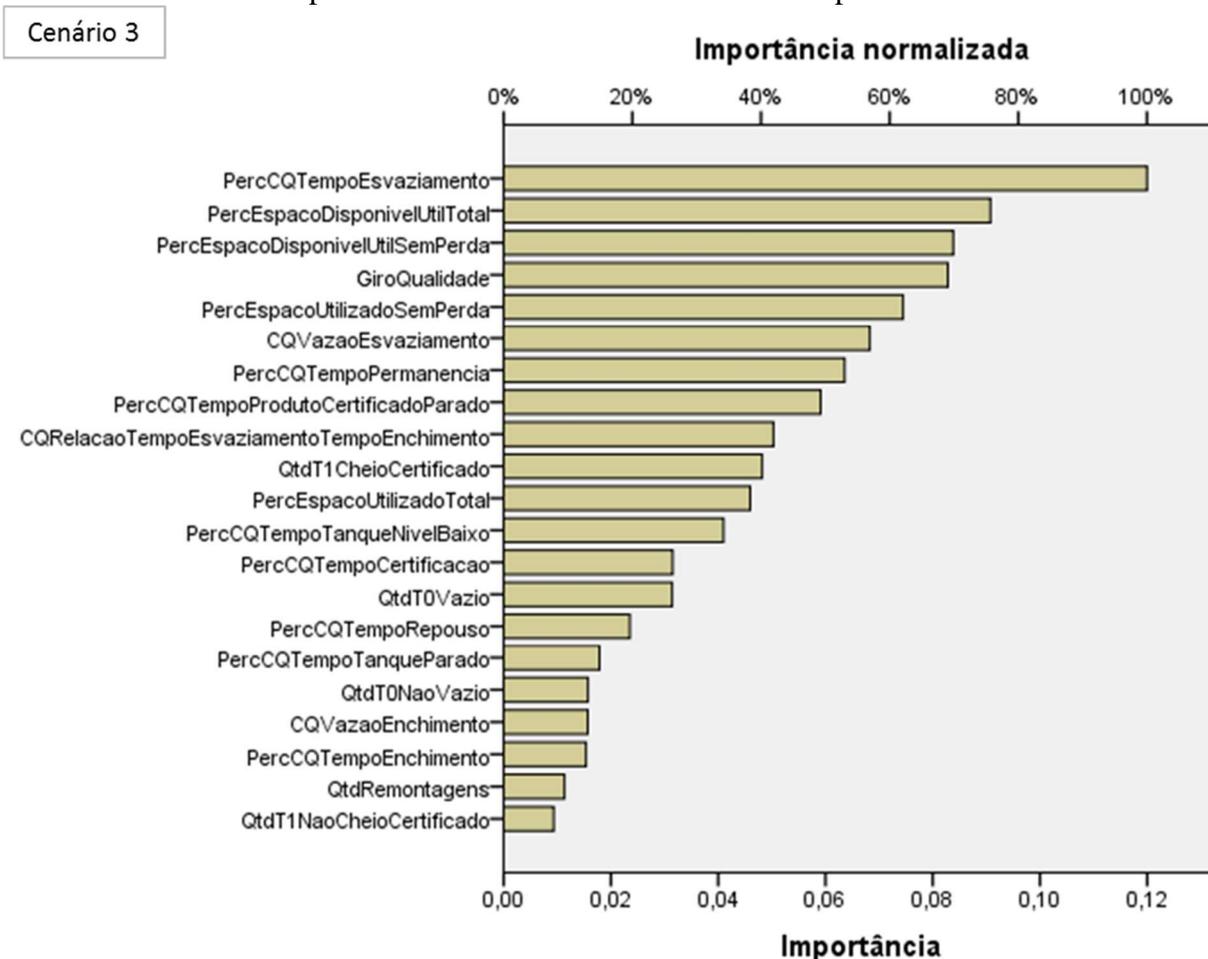
Importância das variáveis independentes no Cenário 3			
Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
PercCQTempoEsvaziamento	Tempo de Esvaziamento	0,11995	100,00%
PercEspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponivel UtilTotal	0,09078	75,68%
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponivel Util Sem Perda	0,08383	69,88%
GiroQualidade	Giro	0,08283	69,05%
PercEspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,07446	62,07%
CQVazaoEsvaziamento	Vazão Esvaziamento	0,06829	56,93%
PercCQTempoPermanencia	Tempo de Permanência T7T1	0,06360	53,02%
PercCQTempoProdutoCertificadoParado	Tempo Produto Certificado	0,05909	49,26%
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,05028	41,92%
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	0,04822	40,20%
PercEspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,04598	38,33%
PercCQTempoTanqueNivelBaixo	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,04101	34,19%
PercCQTempoCertificacao	Tempo Certificação	0,03148	26,25%

Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	0,03141	26,19%
PercCQTempoRepouso	Tempo de Repouso	0,02352	19,61%
PercCQTempoTanqueParado	Tempo de Tanque Parado	0,01785	14,88%
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	0,01573	13,11%
CQVazaoEnchimento	Vazão Enchimento	0,01568	13,07%
PercCQTempoEnchimento	Tempo de Enchimento	0,01535	12,80%
QtdRemontagens	QtdRemontagens	0,01134	9,45%
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	0,00932	7,77%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as categorias que mais se destacaram foram Tempo de Esvaziamento, Espaço Disponível Útil Total e Espaço Disponível Útil Sem Perda. O Gráfico 7 apresenta a importância das variáveis normalizada para o Cenário 3.

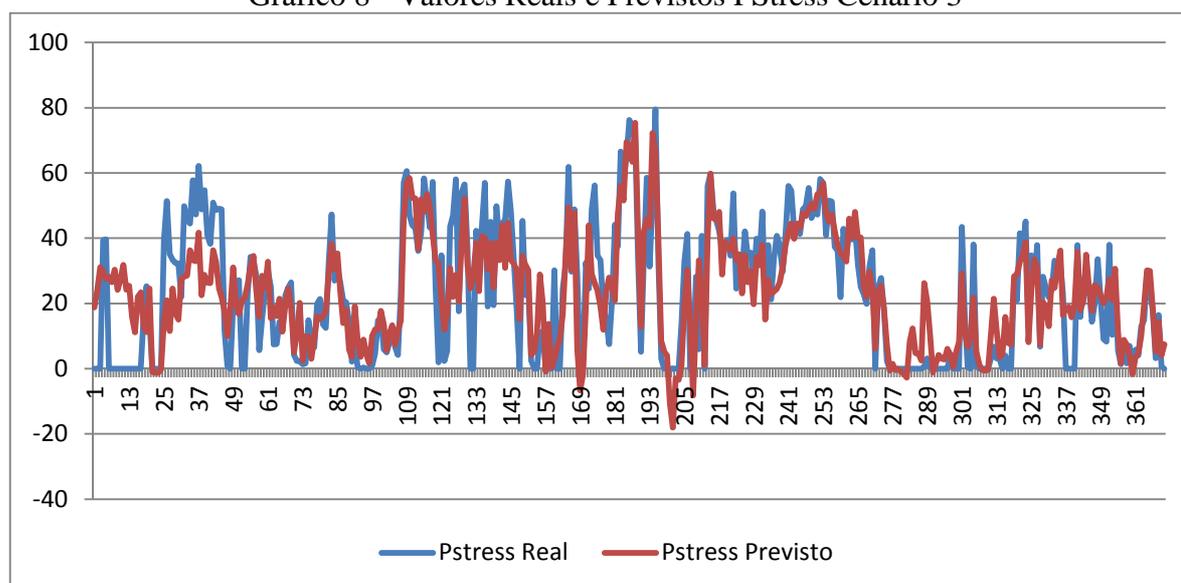
Gráfico 7 - Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 8 mostra os valores reais da variável Pstress em azul e os valores previstos pela rede neural artificial do Cenário 3 para as 371 observações utilizadas na análise.

Gráfico 8 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 39 mostra o grau de importância das variáveis independentes no Cenário 4, (Sem Qualidade (Volumétrico) – Relativo), no qual foram analisadas as variáveis relativas não relacionadas a um ciclo de qualidade.

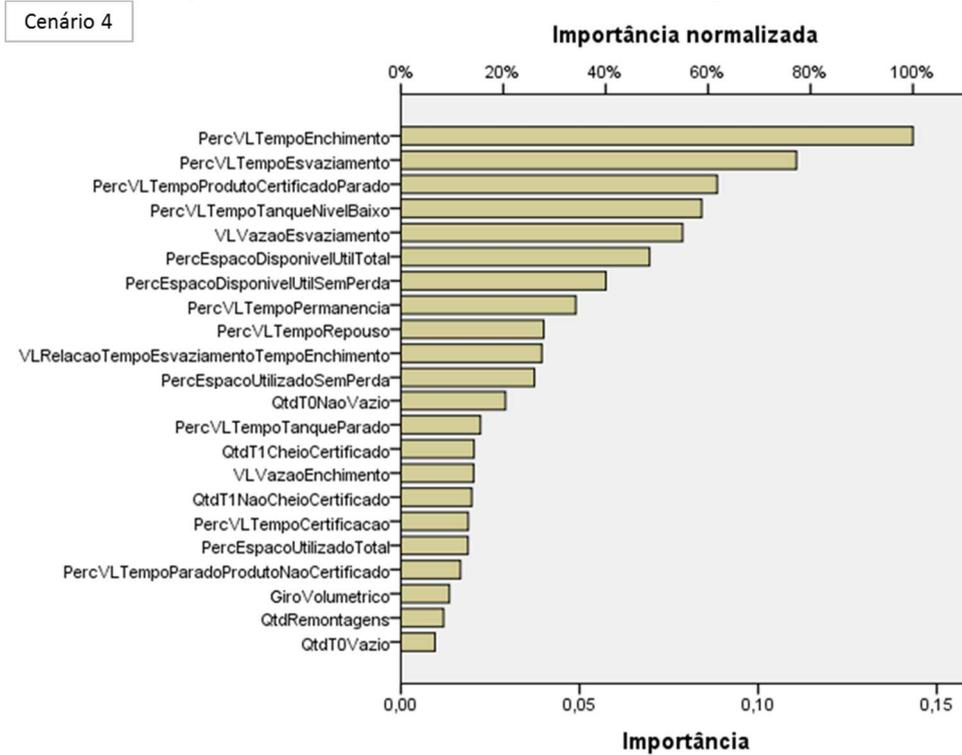
Quadro 39 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 4

Importância das variáveis independentes no Cenário 4			
Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
PercVLTempoEnchimento	Tempo de Enchimento	0,14332	100,00%
PercVLTempoEsvaziamento	Tempo de Esvaziamento	0,11073	77,26%
PercVLTempoProdutoCertificadoParado	Tempo Produto Certificado	0,08851	61,76%
PercVLTempoTanqueNivelBaixo	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,08419	58,74%
VLVazaoEsvaziamento	Vazão Esvaziamento	0,07885	55,02%
PercEspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponivel UtilTotal	0,06960	48,56%
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponivel Util Sem Perda	0,05738	40,04%
PercVLTempoPermanencia	Tempo de Permanência T7T1	0,04898	34,18%
PercVLTempoRepouso	Tempo de Repouso	0,03998	27,89%
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,03943	27,51%
PercEspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,03738	26,08%
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	0,02926	20,42%
PercVLTempoTanqueParado	Tempo de Tanque Parado	0,02228	15,55%
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	0,02048	14,29%
VLVazaoEnchimento	Vazão Enchimento	0,02037	14,21%
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	0,01983	13,84%
PercVLTempoCertificacao	Tempo Certificação	0,01886	13,16%
PercEspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,01880	13,11%
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	Tempo Parado Produto Não Certificado	0,01669	11,65%
GiroVolumetrico	Giro	0,01358	9,48%
QtdRemontagens	QtdRemontagens	0,01192	8,32%
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	0,00957	6,68%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as categorias que mais se destacaram foram Tempo de Enchimento, Tempo de Esvaziamento e Tempo Produto Parado Certificado. O Gráfico 9 apresenta a importância das variáveis normalizada para o Cenário 4.

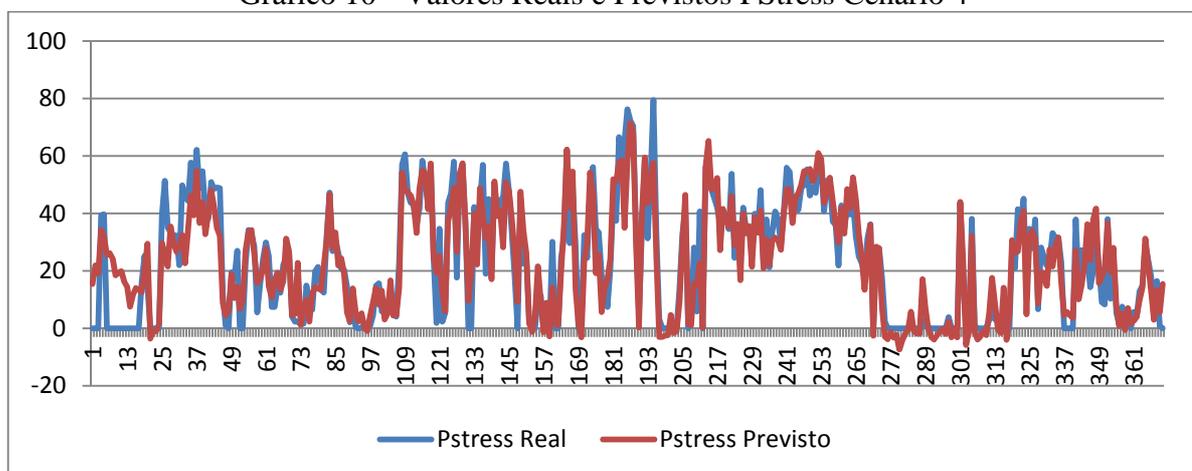
Gráfico 9- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 4



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 10 mostra os valores reais da variável Pstress em azul e os valores previstos pela rede neural artificial do Cenário 4 para as 371 observações utilizadas na análise.

Gráfico 10 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 4



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 40 mostra o grau de importância das variáveis independentes no Cenário 5, no qual foram analisadas as variáveis relacionadas à Controle de Qualidade e Percentual.

Quadro 40 - Grau de Importância das Variáveis Independentes no Cenário 5

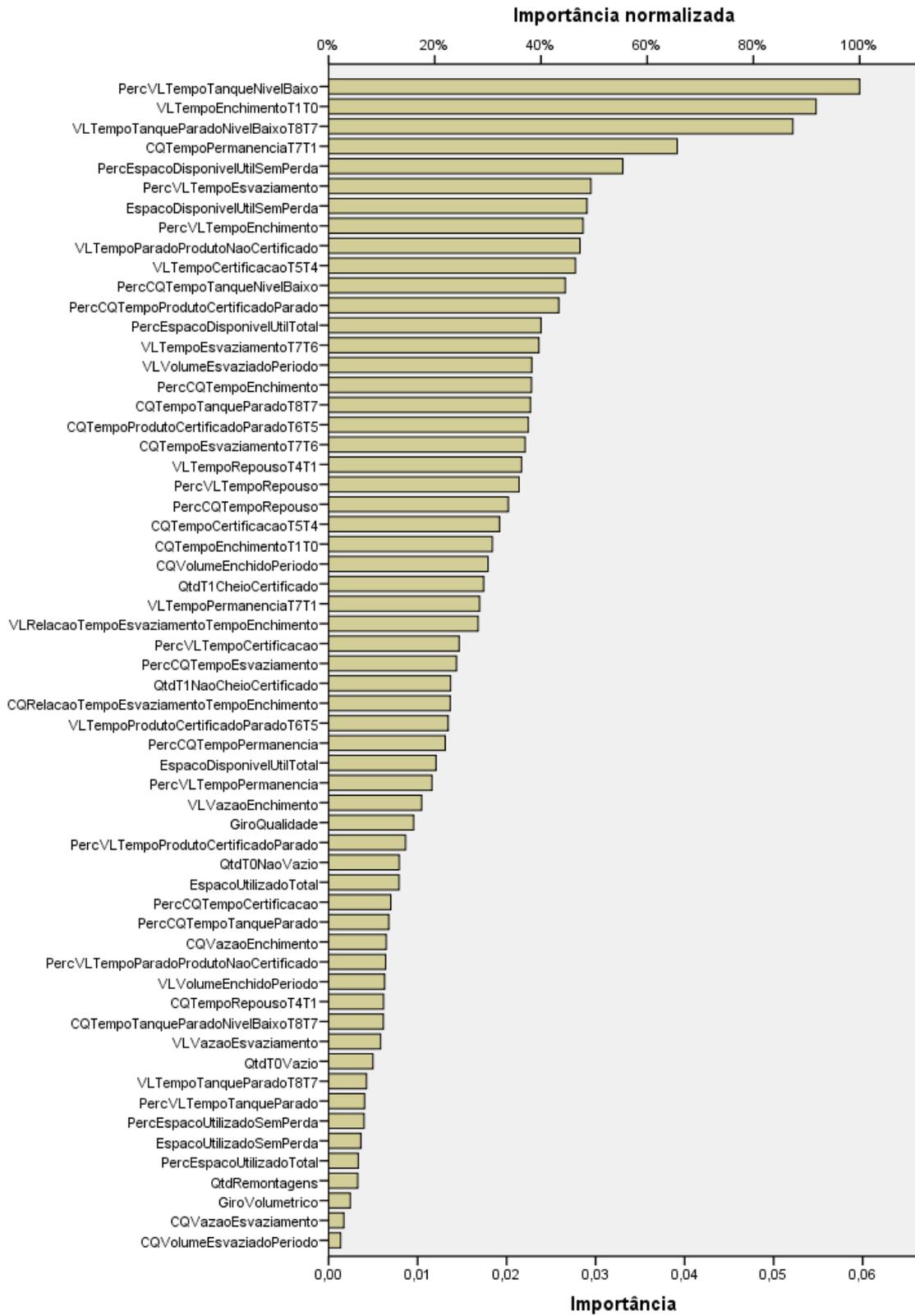
Importância das variáveis independentes no Cenário 5			
Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
PercVLTempoTanqueNivelBaixo	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,05966	100,00%
VLTempoEnchimentoT1T0	Tempo de Enchimento	0,05475	91,77%
VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,05215	87,41%
CQTempoPermanenciaT7T1	Tempo de Permanência T7T1	0,03917	65,66%
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponível Util Sem Perda	0,03305	55,39%
PercVLTempoEsvaziamento	Tempo de Esvaziamento	0,02947	49,40%
EspacoDisponivelUtilSemPerda	Espaco Disponível Util Sem Perda	0,02903	48,65%
PercVLTempoEnchimento	Tempo de Enchimento	0,02860	47,93%
VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	Tempo Parado Produto Não Certificado	0,02824	47,33%
VLTempoCertificacaoT5T4	Tempo Certificação	0,02774	46,49%
PercCQTempoTanqueNivelBaixo	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,02660	44,58%
PercCQTempoProdutoCertificadoParado	Tempo Produto Certificado	0,02587	43,36%
PercEspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponível UtilTotal	0,02386	39,99%
VLTempoEsvaziamentoT7T6	Tempo de Esvaziamento	0,02362	39,59%
VLVolumeEsvaziadoPeriodo	Volume Esvaziado no Período	0,02283	38,27%
PercCQTempoEnchimento	Tempo de Enchimento	0,02278	38,19%
CQTempoTanqueParadoT8T7	Tempo de Tanque Parado	0,02268	38,02%
CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Tempo Produto Certificado	0,02243	37,60%
CQTempoEsvaziamentoT7T6	Tempo de Esvaziamento	0,02208	37,01%
VLTempoRepousoT4T1	Tempo de Repouso	0,02168	36,34%
PercVLTempoRepouso	Tempo de Repouso	0,02141	35,89%
PercCQTempoRepouso	Tempo de Repouso	0,02018	33,83%
CQTempoCertificacaoT5T4	Tempo Certificação	0,01921	32,20%
CQTempoEnchimentoT1T0	Tempo de Enchimento	0,01841	30,86%
CQVolumeEnchidoPeriodo	Volume Enchido	0,01791	30,02%
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	0,01742	29,20%
VLTempoPermanenciaT7T1	Tempo de Permanência T7T1	0,01696	28,43%
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,01680	28,15%
PercVLTempoCertificacao	Tempo Certificação	0,01467	24,58%
PercCQTempoEsvaziamento	Tempo de Esvaziamento	0,01437	24,08%
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	0,01372	22,99%
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	0,01367	22,91%
VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	Tempo Produto Certificado	0,01344	22,53%
PercCQTempoPermanencia	Tempo de Permanência T7T1	0,01311	21,97%
EspacoDisponivelUtilTotal	Espaco Disponível UtilTotal	0,01207	20,23%
PercVLTempoPermanencia	Tempo de Permanência T7T1	0,01161	19,46%
VLVazaoEnchimento	Vazão Enchimento	0,01045	17,52%
GiroQualidade	Giro	0,00956	16,03%
PercVLTempoProdutoCertificadoParado	Tempo Produto Certificado	0,00865	14,50%
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	0,00795	13,32%
EspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,00792	13,28%
PercCQTempoCertificacao	Tempo Certificação	0,00700	11,74%
PercCQTempoTanqueParado	Tempo de Tanque Parado	0,00678	11,37%
CQVazaoEnchimento	Vazão Enchimento	0,00648	10,86%
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	Tempo Parado Produto Não Certificado	0,00641	10,74%
VLVolumeEnchidoPeriodo	Volume Enchido	0,00630	10,56%
CQTempoRepousoT4T1	Tempo de Repouso	0,00617	10,35%

Variável Independente	Categoria	Importância	Importância normalizada
CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	0,00616	10,33%
VLVazaoEsvaziamento	Vazão Esvaziamento	0,00585	9,81%
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	0,00498	8,35%
VLTempoTanqueParadoT8T7	Tempo de Tanque Parado	0,00426	7,14%
PercVLTempoTanqueParado	Tempo de Tanque Parado	0,00405	6,78%
PercEspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,00398	6,67%
EspacoUtilizadoSemPerda	Espaco Utilizado Sem Perda	0,00362	6,07%
PercEspacoUtilizadoTotal	Espaco Utilizado Total	0,00334	5,60%
QtdRemontagens	QtdRemontagens	0,00328	5,50%
GiroVolumetrico	Giro	0,00245	4,11%
CQVazaoEsvaziamento	Vazão Esvaziamento	0,00172	2,89%
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	Volume Esvaziado no Período	0,00136	2,28%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as categorias que mais se destacaram foram Tempo de Tanque Parado Nível Baixo, Tempo de Enchimento e Tempo de Permanência T7T1. O Gráfico 11, apresentado na próxima página, por razão do espaço, mostra a importância das variáveis normalizada para o Cenário 5.

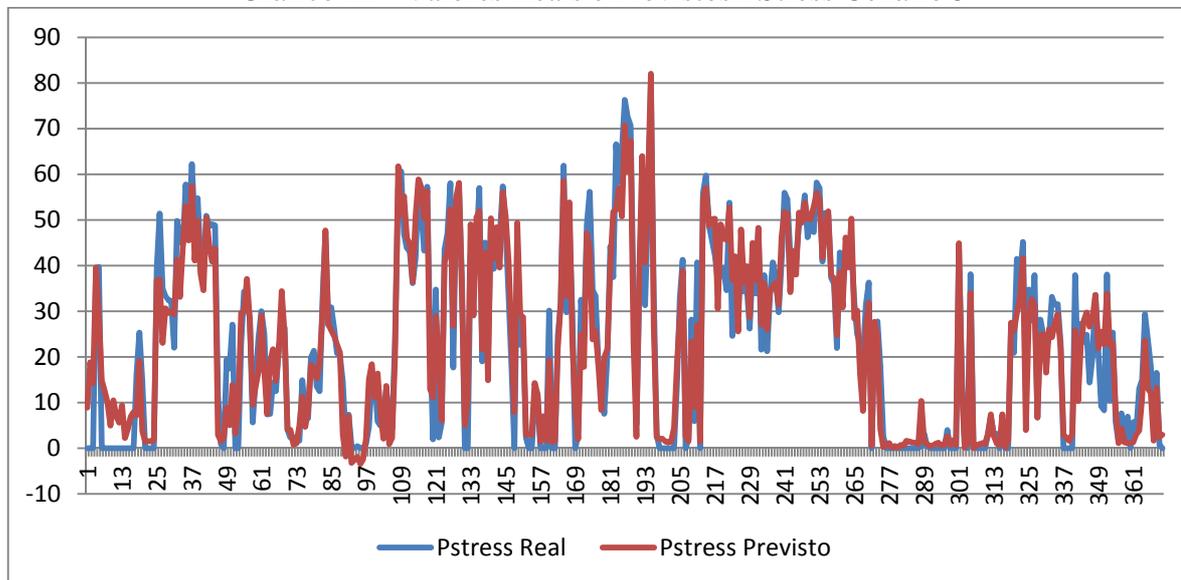
Gráfico 11- Importância normalizada das variáveis independentes Cenário 5



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 12 mostra os valores reais da variável Pstress em azul e os valores previstos pela rede neural artificial do Cenário 5 para as 371 observações utilizadas na análise.

Gráfico 12 - Valores Reais e Previstos PStress Cenário 5



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir é apresentado o resultado da ordem de importância de cada categoria de variáveis nos Cenários 1 a 4. As células de categorias que não possuem variáveis em um cenário foram pintadas de preto no cenário em questão.

Quadro 41 - Importância da categoria das variáveis nos cenários 1 a 4

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Espaco Disponível Util Sem Perda	21	5	3	7
Espaco Disponível UtilTotal	8	4	2	6
Espaco Utilizado Sem Perda	11	1	5	11
Espaco Utilizado Total	22	8	11	18
Giro	9	14	4	20
QtdRemontagens	18	20	20	21
QtdT0NaoVazio	14	13	17	12
QtdT0Vazio	20	12	14	22
QtdT1CheioCertificado	10	21	10	14
QtdT1NaoCheioCertificado	16	11	21	16
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	15	16	9	10
Tempo Certificação	6	9	13	17
Tempo de Enchimento	2	10	19	1
Tempo de Esvaziamento	3	2	1	2
Tempo de Permanência T7T1	12	7	7	8
Tempo de Repouso	13	17	15	9
Tempo de Tanque Parado	19	19	16	13
Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	1	3	12	4
Tempo Parado Produto Não Certificado	5			19
Tempo Produto Certificado	4	6	8	3
Vazão Enchimento			18	15

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Vazão Esvaziamento			6	5
Volume Enchido	17	18		
Volume Esvaziado no Período	7	15		

Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, no Quadro 42, é apresentado o resultado da ordem de importância de cada categoria de variáveis no Cenário 5.

Quadro 42 - Importância da categoria das variáveis no Cenário 5

Categoria	Cenário 5	Categoria	Cenário 5
Espaco Disponível Util Sem Perda	5	Tempo de Permanência T7T1	27
Espaco Disponível Util Sem Perda	7	Tempo de Permanência T7T1	34
Espaco Disponível UtilTotal	13	Tempo de Permanência T7T1	36
Espaco Disponível UtilTotal	35	Tempo de Repouso	20
Espaco Utilizado Sem Perda	53	Tempo de Repouso	21
Espaco Utilizado Sem Perda	54	Tempo de Repouso	22
Espaco Utilizado Total	41	Tempo de Repouso	47
Espaco Utilizado Total	55	Tempo de Tanque Parado	17
Giro	38	Tempo de Tanque Parado	43
Giro	57	Tempo de Tanque Parado	51
QtdRemontagens	56	Tempo de Tanque Parado	52
QtdT0NaoVazio	40	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	1
QtdT0Vazio	50	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	3
QtdT1CheioCertificado	26	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	11
QtdT1NaoCheioCertificado	31	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	48
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	28	Tempo Parado Produto Não Certificado	9
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	32	Tempo Parado Produto Não Certificado	45
Tempo Certificação	10	Tempo Produto Certificado	12
Tempo Certificação	23	Tempo Produto Certificado	18
Tempo Certificação	29	Tempo Produto Certificado	33
Tempo Certificação	42	Tempo Produto Certificado	39
Tempo de Enchimento	2	Vazão Enchimento	37
Tempo de Enchimento	8	Vazão Enchimento	44
Tempo de Enchimento	16	Vazão Esvaziamento	49
Tempo de Enchimento	24	Vazão Esvaziamento	58
Tempo de Esvaziamento	6	Volume Enchido	25
Tempo de Esvaziamento	14	Volume Enchido	46
Tempo de Esvaziamento	19	Volume Esvaziado no Período	15
Tempo de Esvaziamento	30	Volume Esvaziado no Período	59
Tempo de Permanência T7T1	4		

Fonte: elaborado pelo autor.

Como visto, o Cenário 5 possui todas as variáveis de todas as categorias, enquanto os demais cenários contemplam apenas uma variável de cada categoria. Assim, o cenário possui variáveis de uma mesma categoria ocupando diferentes posições na ordem de importância. Por isso, para que se pudesse comparar os resultados do Cenário 5 aos resultados dos demais cenários, foi preciso estabelecer um critério para estabelecer a ordem de importância da categoria dentro do cenário.

Como a quantidade de variáveis por categoria é diferente, optou-se por utilizar um cálculo baseado na média das variáveis. E, como em algumas categorias a diferença de posição entre as variáveis era muito grande em algumas categorias e muito baixa em outras, optou-se pela utilização da média harmônica. Essa opção se deu pois, em um cálculo de média harmônica, as categorias com maiores distâncias entre as variáveis terão médias piores que as categorias com distâncias entre variáveis mais próximas. O Quadro 43 mostra a importância das categorias no Cenário 5, após o cálculo da média harmônica.

Quadro 43 – Média Harmônica da importância da categoria das variáveis no Cenário 5

Importância das variáveis independentes no Cenário 5			
Categoria	Variável Independente	Importância da variável	Importância da categoria
Espaco Disponível Util Sem Perda	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	5	5,83
	EspacoDisponivelUtilSemPerda	7	
Tempo de Enchimento	VLTempoEnchimentoT1T0	2	5,49
	PercVLTempoEnchimento	8	
	PercCQTempoEnchimento	16	
	CQTempoEnchimentoT1T0	24	
Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	1	2,77
	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	3	
	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	11	
	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	48	
Tempo de Esvaziamento	PercVLTempoEsvaziamento	6	12,34
	VLTempoEsvaziamentoT7T6	14	
	CQTempoEsvaziamentoT7T6	19	
	PercCQTempoEsvaziamento	30	
Espaco Disponível Util Total	PercEspacoDisponivelUtilTotal	13	18,96
	EspacoDisponivelUtilTotal	35	
Tempo de Permanência T7T1	CQTempoPermanenciaT7T1	4	11,62
	VLTempoPermanenciaT7T1	27	
	PercCQTempoPermanencia	34	
	PercVLTempoPermanencia	36	
Tempo Produto Certificado	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	12	20,53
	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	18	
	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	33	
	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	39	
Tempo Certificação	VLTempoCertificacaoT5T4	10	19,82
	CQTempoCertificacaoT5T4	23	
	PercVLTempoCertificacao	29	
	PercCQTempoCertificacao	42	
QtdT1CheioCertificado	QtdT1CheioCertificado	26	26,00
Tempo Parado Produto Não Certificado	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	9	15,00
	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	45	
Tempo de Repouso	VLTempoRepousoT4T1	20	24,34
	PercVLTempoRepouso	21	
	PercCQTempoRepouso	22	
	CQTempoRepousoT4T1	47	
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	28	29,87
	CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	32	
QtdT1NaoCheioCertificado	QtdT1NaoCheioCertificado	31	31,00

Categoria	Variável Independente	Importância da variável	Importância da categoria
Volume Enchido	CQVolumeEnchidoPeriodo	25	32,39
	VLVolumeEnchidoPeriodo	46	
Volume Esvaziado no Período	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	15	23,92
	CQVolumeEsvaziadoPeriodo	59	
QtdT0NaoVazio	QtdT0NaoVazio	40	40,00
Vazão Enchimento	VLVazaoEnchimento	37	40,20
	CQVazaoEnchimento	44	
Tempo de Tanque Parado	CQTempoTanqueParadoT8T7	17	33,08
	PercCQTempoTanqueParado	43	
	VLTempoTanqueParadoT8T7	51	
	PercVLTempoTanqueParado	52	
Giro	GiroQualidade	38	45,60
	GiroVolumetrico	57	
Espaco Utilizado Total	EspacoUtilizadoTotal	41	46,98
	PercEspacoUtilizadoTotal	55	
QtdT0Vazio	QtdT0Vazio	50	50,00
Espaco Utilizado Sem Perda	PercEspacoUtilizadoSemPerda	53	53,50
	EspacoUtilizadoSemPerda	54	
Vazão Esvaziamento	VLVazaoEsvaziamento	49	53,12
	CQVazaoEsvaziamento	58	
QtdRemontagens	QtdRemontagens	56	56

Fonte: elaborado pelo autor.

Após a aplicação da média harmônica nas categorias de variáveis do Cenário 5, foi feita a consolidação das posições das variáveis em todos os cenários, conforme mostrado no Quadro 44. Os espaços preenchidos com preto indicam situações onde uma categoria não tem variáveis contidas no cenário.

Quadro 44 - Importância da categoria das variáveis em cada cenário

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Espaco Disponível Util Sem Perda	21	5	3	7	3,38
Espaco Disponível Util Total	8	4	2	6	18,96
Espaco Utilizado Sem Perda	11	1	5	11	53,50
Espaco Utilizado Total	22	8	11	18	46,98
Giro	9	14	4	20	45,60
QtdRemontagens	18	20	20	21	56,00
QtdT0NaoVazio	14	13	17	12	40,00
QtdT0Vazio	20	12	14	22	50,00
QtdT1CheioCertificado	10	21	10	14	26,00
QtdT1NaoCheioCertificado	16	11	21	16	31,00
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	15	16	9	10	29,87
Tempo Certificação	6	9	13	17	19,82
Tempo de Enchimento	2	10	19	1	5,49
Tempo de Esvaziamento	3	2	1	2	12,34
Tempo de Permanência T7T1	12	7	7	8	11,62
Tempo de Repouso	13	17	15	9	24,34
Tempo de Tanque Parado	19	19	16	13	33,08
Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	1	3	12	4	2,77
Tempo Parado Produto Não Certificado	5			19	15,00
Tempo Produto Certificado	4	6	8	3	20,53

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Vazão Enchimento			18	15	40,20
Vazão Esvaziamento			6	5	53,12
Volume Enchido	17	18			32,39
Volume Esvaziado no Período	7	15			23,92

Fonte: elaborado pelo autor.

Optou-se, também, por aplicar o mesmo princípio da utilização da média harmônica para identificar quais seriam as categorias mais importantes considerando-se as posições em todos os cenários analisados. Além disso, como cada cenário tem níveis de erro diferentes nas análises realizadas pelas redes neurais, optou-se, também, por ponderar as posições das variáveis de acordo com esse erro. Assim, o cálculo da posição das variáveis em cada cenário foi definido através da divisão da posição da variável pelo erro relativo obtido na validação do cenário. Com isso, cenários com erros maiores teriam variáveis com posições maiores.

Após esse realizado esse cálculo, as categorias foram ordenadas em ordem crescente, uma vez que as variáveis com menor média harmônica são consideradas as mais importantes. O resultado obtido é mostrado no Quadro 45. Os espaços preenchidos com preto indicam situações onde uma categoria não tem variáveis contidas no cenário.

Quadro 45 - Média harmônica da importância das categorias de variáveis considerando todos os cenários

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média Harmônica
Erro relativo dos cenários	0,078	0,155	0,197	0,053	0,065	
Tempo de Esvaziamento	3,25	2,37	1,25	2,11	13,20	2,82
Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	1,08	3,55	14,94	4,22	2,96	3,19
Tempo de Enchimento	2,17	11,83	23,66	1,06	5,87	3,47
Espaco Utilizado Sem Perda	11,93	1,18	6,23	11,62	57,21	4,98
Espaco Disponível UtilTotal	8,68	4,73	2,49	6,34	20,28	6,26
Espaco Disponível Util Sem Perda	22,78	5,92	3,74	7,39	3,62	6,56
Tempo Produto Certificado	4,34	7,10	9,96	3,17	21,96	7,02
Tempo Parado Produto Não Certificado	5,42			20,06	16,04	10,12
Vazão Esvaziamento			7,47	5,28	56,81	11,26
Tempo de Permanência T7T1	13,02	8,28	8,72	8,45	12,43	11,30
Volume Esvaziado no Período	7,59	17,75			25,58	13,21
Giro	9,76	16,57	4,98	21,12	48,77	13,60
Tempo Certificação	6,51	10,65	16,19	17,95	21,20	14,08
Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	16,27	18,93	11,21	10,56	31,94	17,61
Tempo de Repouso	14,10	20,12	18,68	9,50	26,03	18,23
QtdT1CheioCertificado	10,85	24,85	12,45	14,78	27,81	18,33
Espaco Utilizado Total	23,86	9,47	13,70	19,01	50,25	19,89
QtdT0NaoVazio	15,18	15,38	21,17	12,67	42,78	20,71
QtdT1NaoCheioCertificado	17,35	13,02	26,15	16,90	33,16	22,11
Volume Enchido	18,44	21,30			34,65	23,07

Categoria	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Média Harmônica
Erro relativo dos cenários	0,078	0,155	0,197	0,053	0,065	
Tempo de Tanque Parado	20,61	22,49	19,93	13,73	35,38	23,70
QtdT0Vazio	21,69	14,20	17,43	23,23	53,48	24,66
Vazão Enchimento			22,42	15,84	42,99	27,91
QtdRemontagens	19,52	23,67	24,91	22,18	59,89	29,69

Fonte: elaborado pelo autor.

Desse modo, considerando-se os valores de importância atribuídos às categorias de variáveis, atende-se o segundo objetivo específico deste trabalho, que consistia em determinar as variáveis prevalentes das situações de stress utilizando redes neurais artificiais. O Quadro 46 apresenta as categorias ordenadas por ordem de importância e as variáveis pertencentes a cada categoria, sendo que as categorias com menor média harmônica são consideradas as mais importantes.

Quadro 46 - Categorias, variáveis e médias harmônicas da importância das categorias de variáveis considerando todos os cenários

Ordem Categoria	Categoria	Ordem Variáveis	Variável Independente	Média Harmônica Categoria
1	Tempo de Esvaziamento	1	PercVLTempoEsvaziamento	2,82
		2	VLTempoEsvaziamentoT7T6	
		3	CQTempoEsvaziamentoT7T6	
		4	PercCQTempoEsvaziamento	
2	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	5	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	3,19
		6	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	
		7	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	
3	Tempo de Enchimento	8	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	3,47
		9	VLTempoEnchimentoT1T0	
		10	PercVLTempoEnchimento	
4	Espaco Utilizado Sem Perda	11	PercCQTempoEnchimento	4,98
		12	CQTempoEnchimentoT1T0	
		13	PercEspacoUtilizadoSemPerda	
5	Espaco Disponivel UtilTotal	14	EspacoUtilizadoSemPerda	6,26
		15	PercEspacoDisponivelUtilTotal	
6	Espaco Disponivel Util Sem Perda	16	EspacoDisponivelUtilTotal	6,56
		17	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	
7	Tempo Produto Certificado	18	EspacoDisponivelUtilSemPerda	7,02
		19	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	
		20	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
		21	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
8	Tempo Parado Produto Não Certificado	22	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	10,12
		23	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	
9	Vazão Esvaziamento	24	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	11,26
		25	VLVazaoEsvaziamento	
10	Tempo de Permanência T7T1	26	CQVazaoEsvaziamento	11,30
		27	CQTempoPermanenciaT7T1	
		28	VLTempoPermanenciaT7T1	
		29	PercCQTempoPermanencia	
		30	PercVLTempoPermanencia	

Ordem Categoria	Categoria	Ordem Variáveis	Variável Independente	Média Harmônica Categoria
1	Tempo de Esvaziamento	1	PercVLTempoEsvaziamento	2,82
		2	VLTempoEsvaziamentoT7T6	
		3	CQTempoEsvaziamentoT7T6	
		4	PercCQTempoEsvaziamento	
2	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	5	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	3,19
		6	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	
		7	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	
		8	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	
3	Tempo de Enchimento	9	VLTempoEnchimentoT1T0	3,47
		10	PercVLTempoEnchimento	
		11	PercCQTempoEnchimento	
		12	CQTempoEnchimentoT1T0	
4	Espaco Utilizado Sem Perda	13	PercEspacoUtilizadoSemPerda	4,98
		14	EspacoUtilizadoSemPerda	
5	Espaco Disponivel UtilTotal	15	PercEspacoDisponivelUtilTotal	6,26
		16	EspacoDisponivelUtilTotal	
6	Espaco Disponivel Util Sem Perda	17	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	6,56
		18	EspacoDisponivelUtilSemPerda	
7	Tempo Produto Certificado	19	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	7,02
		20	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
		21	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
		22	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	
8	Tempo Parado Produto Não Certificado	23	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	10,12
		24	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	
9	Vazão Esvaziamento	25	VLVazaoEsvaziamento	11,26
		26	CQVazaoEsvaziamento	
10	Tempo de Permanência T7T1	27	CQTempoPermanenciaT7T1	11,30
		28	VLTempoPermanenciaT7T1	
		29	PercCQTempoPermanencia	
		30	PercVLTempoPermanencia	
11	Volume Esvaziado no Período	31	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	13,21
		32	CQVolumeEsvaziadoPeriodo	
12	Giro	33	GiroQualidade	13,60
		34	GiroVolumetrico	
13	Tempo Certificação	35	VLTempoCertificacaoT5T4	14,08
		36	CQTempoCertificacaoT5T4	
		37	PercVLTempoCertificacao	
		38	PercCQTempoCertificacao	
14	Relação Tempo Esvaziamento e Enchimento	39	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	17,61
		40	CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	
15	Tempo de Repouso	41	VLTempoRepousoT4T1	18,23
		42	PercVLTempoRepouso	
		43	PercCQTempoRepouso	
		44	CQTempoRepousoT4T1	
16	QtdT1CheioCertificado	45	QtdT1CheioCertificado	18,33
17	Espaco Utilizado Total	46	EspacoUtilizadoTotal	19,89
		47	PercEspacoUtilizadoTotal	
18	QtdT0NaoVazio	48	QtdT0NaoVazio	20,71
19	QtdT1NaoCheioCertificado	49	QtdT1NaoCheioCertificado	22,11
20	Volume Enchido	50	CQVolumeEnchidoPeriodo	23,07
		51	VLVolumeEnchidoPeriodo	

Ordem Categoria	Categoria	Ordem Variáveis	Variável Independente	Média Harmônica Categoria
1	Tempo de Esvaziamento	1	PercVLTempoEsvaziamento	2,82
		2	VLTempoEsvaziamentoT7T6	
		3	CQTempoEsvaziamentoT7T6	
		4	PercCQTempoEsvaziamento	
2	Tempo de Tanque Parado Nível Baixo	5	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	3,19
		6	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	
		7	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	
		8	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	
3	Tempo de Enchimento	9	VLTempoEnchimentoT1T0	3,47
		10	PercVLTempoEnchimento	
		11	PercCQTempoEnchimento	
		12	CQTempoEnchimentoT1T0	
4	Espaco Utilizado Sem Perda	13	PercEspacoUtilizadoSemPerda	4,98
		14	EspacoUtilizadoSemPerda	
5	Espaco Disponivel UtilTotal	15	PercEspacoDisponivelUtilTotal	6,26
		16	EspacoDisponivelUtilTotal	
6	Espaco Disponivel Util Sem Perda	17	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	6,56
		18	EspacoDisponivelUtilSemPerda	
7	Tempo Produto Certificado	19	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	7,02
		20	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
		21	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	
		22	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	
8	Tempo Parado Produto Não Certificado	23	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	10,12
		24	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	
9	Vazão Esvaziamento	25	VLVazaoEsvaziamento	11,26
		26	CQVazaoEsvaziamento	
10	Tempo de Permanência T7T1	27	CQTempoPermanenciaT7T1	11,30
		28	VLTempoPermanenciaT7T1	
		29	PercCQTempoPermanencia	
		30	PercVLTempoPermanencia	
21	Tempo de Tanque Parado	52	CQTempoTanqueParadoT8T7	23,70
		53	PercCQTempoTanqueParado	
		54	VLTempoTanqueParadoT8T7	
		55	PercVLTempoTanqueParado	
22	QtdT0Vazio	56	QtdT0Vazio	24,66
23	Vazão Enchimento	57	VLVazaoEnchimento	27,91
		58	CQVazaoEnchimento	
24	QtdRemontagens	59	QtdRemontagens	29,69

Fonte: elaborado pelo autor.

Esta seção apresentou as análises dos resultados obtidos através das redes neurais artificiais utilizadas decorrer do trabalho. O próximo capítulo fará a conclusão do presente estudo.

6 CONCLUSÃO

Nesta seção, são tratados alguns pontos relativos ao aprendizado adquirido ao longo deste estudo. Este trabalho foi desenvolvido com base em um método para a determinação do nível de stress em parques de tancagem proposto pelo GMAP-UNISINOS (2011). Esse método, além da determinação do nível de stress, também implementava o cálculo de cinquenta e nove variáveis, com base nos dados de movimentação dos tanques, níveis de estoque, status operacional e marcação dos “Ts” relativos ao ciclo dos tanques.

Para a realização deste trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta computacional que implementa os procedimentos desse método. A ferramenta foi desenvolvida utilizando um banco de dados relacional, que centraliza e facilita a análise dos dados, e tecnologia voltada para a utilização via redes de computadores, que permite o acesso remoto de usuários cadastrados e delimita as ações que podem ser realizadas por eles através de perfis para controle de acesso.

Apesar da existência dos métodos de cálculo ainda à época da realização do estudo do GMAP-UNISINOS (2011), não se havia realizado nenhum tipo de pesquisa quanto à influência que essas variáveis poderiam ter na determinação dos níveis de stress nos parques de tancagem analisados naquele trabalho. Percebeu-se, então, que, caso se pudesse determinar a existência dessa influência e o grau de importância de cada variável, essa informação poderia apoiar para a tomada de decisões gerenciais nas refinarias.

Para que se pudesse fazer essa análise, optou-se pela utilização das redes neurais artificiais, pois era necessário encontrar relações entre variáveis cujas interferência mútua é desconhecida. Além disso, existe um crescimento na aplicação de redes neurais artificiais na área de operações desde 2003 e a tendência é que ela continue crescendo no futuro, pois ainda têm muito a contribuir na área de operações (Souza, 2013). A utilização das redes neurais artificiais nesse trabalho mostrou-se adequada para responder à questão de pesquisa, num contexto de trabalho complexo.

Para tratar dos resultados obtidos através das redes neurais artificiais, é preciso retomar a Figura 18, contida no Capítulo 3. Ela apresenta os cinco cenários analisados neste estudo.

O Cenário 1 - “Sem Qualidade (Volumétrico) – Absoluto”, e o Cenário 4 - “Sem Qualidade (Volumétrico) - Relativo”, respectivamente, obtiveram percentuais de erro significativamente melhores que os resultados obtidos pelos Cenários 2 “Com Qualidade – Absoluto” e o Cenário 3 - “Sem Qualidade (Volumétrico) - Absoluto”. Esse resultado se justifica pois as variáveis “Com Qualidade” trabalham apenas com valores relativos às movimentações dentro de um ciclo de qualidade, que são apenas uma parte das movimentações ocorridas no tanque no período analisado. Ou seja, no caso dos Cenários 2 e 3, está-se tentando prever o stress de um parque em todo um período utilizando-se apenas parte desse período.

O Cenário 4 - “Sem Qualidade (Volumétrico) - Relativo”, obteve um percentual de acertos de 94,7% que foi o melhor resultado obtido pelas redes neurais artificiais deste estudo. Melhor, inclusive, que o Cenário 5, que considera todas as variáveis.

Com o conhecimento da ordem de importância das categorias e as variáveis pertencentes elas, tem-se o conhecimento de quais delas possuem maior influência na formação de situações de stress em parques de tancagem para o conjunto de parques estudados. Essa informação pode ser importante para a Alta Direção da Empresa X, no sentido de identificar, de maneira geral, o que mais impacta na criação das situações de stress. Essa informação serve como um indicativo dos pontos que devem ser priorizados no direcionamento dos investimentos nas refinarias, de modo geral. Assim, pode-se tomar ações relativas a essas variáveis sem a necessidade de trabalhos de simulação mais detalhados quando isso for viável. Ou, caso sejam necessárias simulações, esse conhecimento pode facilitar esse trabalho.

Para a gestão da operação das refinarias analisadas, os resultados desse estudo não tem uma aplicação direta, uma vez que se referem a uma visão geral. Entretanto, dado o nível de acerto dos modelos gerados, os gestores das refinarias poderiam gerar um modelo com base nos dados específicos de seus parques. Com isso, conseguiriam identificar localmente as variáveis que tem maior influência na formação de situações de stress em seus parques. Esse conhecimento pode ser relevante para que ações preventivas possam ser tomadas para procurar diminuir os casos de ocorrência de altos níveis de stress. Desse modo, esse conhecimento pode contribuir para a gestão operacional nas refinarias, oferecendo

informações relevantes para a tomada de ações que propiciem uma utilização mais eficiente dos recursos já existentes.

O resultado deste trabalho também demonstra qual o grau de importância que cada variável têm na criação das situações de stress em parques de tancagem. Com isso, além de demonstrar quais são as mais importantes, pode-se, também, concluir quais variáveis devem ser desconsideradas em análises futuras. Conforme os resultados obtidos, conclui-se que as variáveis pertencentes às categorias de Tempo de Esvaziamento, Tempo de Tanque Parado Nível Baixo e Tempo de Enchimento são as que têm maior influência na formação das situações de stress.

Com esse conhecimento, pode-se, monitorar essas variáveis e, caso elas adotem um comportamento que indique a formação de uma situação de stress, pode-se tomar medidas preventivas. Por exemplo, caso identifique-se que o tempo de esvaziamento está com valores inadequados, pode-se tomar uma ação para verificar se há problemas no equipamento ou se foi tomada alguma decisão operacional de redução de vazão que esteja causando impacto. Com isso, no primeiro caso, pode-se agendar uma manutenção do equipamento e, no segundo caso, investigar qual o motivo da tomada de decisão pela redução da vazão.

A análise dos dados através da divisão em cenários permitiu visualizar as relações entre as variáveis e a identificação de variáveis comuns entre eles. Após a análise, percebe-se que, para a determinação do stress em parques de tancagem, apenas o cálculo das variáveis do cenário “Sem Qualidade (Volumétrico) – Relativo” seriam suficientes, uma vez que esse cenário tem o menor erro médio.

A utilização das redes neurais artificiais conforme construídas nesse estudo para a determinação do nível de stress em um parque de tancagem pode ser mais vantajosa que a utilização da ferramenta de cálculo do stress. Isso se dá pois, apesar de ter um percentual de erro em relação aos cálculos da ferramenta, as redes neurais chegam ao resultado de forma mais rápida que a ferramenta.

Outra contribuição deste estudo é a definição de uma fórmula para a determinação do nível de stress de um parque de tancagem em um determinado período de tempo. Essa fórmula considera os percentuais de tempo, dentro do período analisado, em que o parque

esteve em cada uma das quatro situações de stress consideradas e faz uma ponderação para determinar um número entre 0 e 100.

Considera-se uma contribuição adicional deste estudo o mapeamento e formalização dos fluxos dos algoritmos para a marcação dos “Ts” do Ciclo por Barbosa et al. (2010). Além disso, é proposta de uma estrutura de banco de dados relacional normalizada para o armazenamento dos dados referentes às refinarias, parques de tancagem, leituras de estoque de tanques, períodos de manutenção dos tanques, marcação dos “Ts”, variáveis calculadas e níveis de stress calculados.

Os resultados deste trabalho parecem indicar que o stress é determinado muito mais por uma questão de gestão da demanda que por uma questão de gestão da capacidade. Os dados analisados, que cobrem o período de um ano de operação dos sete parques de tancagem de diferentes produtos, indicam que, na maior parte do tempo, os parques não estão estressados. Entretanto, quando o stress ocorre, eles são tratados rapidamente, uma vez que as consequências econômicas podem ser graves.

O presente estudo pode contribuir para soluções já existentes. O entendimento das variáveis que influenciam a criação de situações de stress de tancagem pode servir para refinar modelos que buscam trabalhar com incertezas e a construções de cenários “e se”. Isso se dá pois ajudaria a diminuir a quantidade de aspectos analisados, uma vez que se poderia avaliar apenas as variáveis prevalentes. A ferramenta também pode viabilizar a análise de intervalos de tempos maiores, devido à discretização dos intervalos de tempo e do uso de heurísticas. Com isso, pode-se diminuir a complexidade das soluções computacionais, fornecendo uma solução próxima à ótima com um menor tempo de processamento.

Uma limitação deste estudo é que, apesar da análise das variáveis identificar qual grau de importância elas têm na criação das situações de stress, não se buscou prescrever formas de se tratar as consequências ou de prevenir a formação das situações de stress. Essa limitação abre a possibilidade da realização de outros estudos com esse fim.

Outra limitação é que o modelo gerado serviu para avaliar as variáveis que mais influenciam na formação de stress em um conjunto de refinarias. Entretanto esse mesmo modelo não pode ser aplicado para avaliar um parque isoladamente. Desse modo, também

aqui abre-se uma possibilidade para a realização de estudos futuros analisando parques de tancagem individualmente.

Outro ponto a ser observado é que das 371 amostras da variável PStress apenas 34, ou 9,1% dos casos tinham valores entre 50 e 75, que determinam um percentual médio de stress. Além disso, apenas 2 das mostras, ou 0,5% tem valores superiores a 75, que determinam um percentual alto de stress. Assim, há um grande viés da rede para a identificação de casos de stress baixo ou nulo, de modo que o modelo pode ter dificuldades para determinar situações de médio e alto stress.

Esse desbalanceamento dos dados, entretanto, é o comportamento esperado para as medições em questão, uma vez que, na grande maioria do tempo, os parques ficam em situações de “não estressado” ou “baixo stress”. A gestão dos parques tancagem é feita buscando evitar as situações de “médio stress” e “alto stress”, por isso, a quantidade de situações desses tipos sempre tenderá a ser menor que as demais.

Uma limitação referente à validação dos resultados é que os resultados desse estudo não foram validados com a Empresa X. Essa validação, que não foi possível devido ao prazo para conclusão do estudo, poderia indicar outras possibilidades de análise ou outras conclusões que poderiam ser abstraídas a partir do conhecimento já gerado.

Deve-se observar, também, que as variáveis consideradas nesse estudo foram calculadas com base nas informações que se poderiam abstrair com base no ciclo do tanque definido por Barbosa et al. (2010). Dessas informações foram sugeridas as 59 variáveis utilizadas nesse estudo. Assim, não foram buscadas outros estudos que indicassem a importância ou a relevância dessas variáveis na gestão de parques de tancagem. Também não se buscou a identificação de outras variáveis. Estudos futuros podem tratar ambos os pontos.

Por fim, pode-se sugerir possibilidades para estudos futuros referentes à determinação de stress em parques de tancagem. Uma delas seria a construção de uma ferramenta computacional para predição de ocorrência de situações de stress utilizando redes neurais artificiais. Essa ferramenta poderia ser construída para cada parque de tancagem aplicando-se os métodos utilizados nesse trabalho de forma isolada em cada parque estudado. Isso é necessário para que a rede tenha uma melhor capacidade de predição para cada parque.

A determinação das variáveis prevalentes na formação das situações de stress indica quais variáveis tem maior influência nesses casos. Entretanto, não indicam as causas dos valores assumidos pelas variáveis, que pode ser tanto questões técnicas do equipamento quanto decisões gerenciais ou operacionais. Assim, poder-se-ia realizar um estudo direcionado à análise das decisões tomadas durante o processo de formação das situações de stress e a sua influência no nível de stress do parque de tancagem e no comportamento das variáveis.

Outra possibilidade de estudo futuro seria a utilização da ferramenta para determinação de stress desenvolvida neste trabalho em outras indústrias que não a do petróleo, tais como indústrias de laticínios, refrigerantes e bebidas alcoólicas. Nesse sentido, a ferramenta poderia ser testada em situações de armazenamento de quaisquer materiais não-discretos.

Um estudo adicional que poderia ser realizado, seria o cruzamento das situações de stress com os dados financeiros das refinarias, de modo a estimar o impacto econômico causado pelas situações de stress.

7 REFERÊNCIAS

ANDERY, M. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. 16th ed. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2012.

ANP. **Evolução do Mercado de Combustíveis e Derivados: 2000-2012**. 2013.

ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2014**. 2015.

APICS. APICS Dictionary. Disponível em: <<http://www.apics.org/gsa-main-search#|dictionary>>. Acesso em: 24/3/2014.

BARBOSA, G. D. A.; FILHO, V. J. M. F.; BAHIENSE, L. Desenvolvimento de uma técnica matemática para dimensionamento de parques de tanques e sua aplicação na tancagem da refinaria premium. Rio Oil & Gas Expo and Conference 2010. **Anais...** p.1–10, 2010. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - IBP.

BARRATI, R.; VACCA, G. Neural network modeling of distillation columns. **Hydrocarbon processing**, v. 74, n. 6, p. 35–38, 1995.

BLACK, J. . T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BOOZARJOMEHRY, R. B.; ABDOLAH, F.; MOOSAVIAN, M. A. Characterization of basic properties for pure substances and petroleum fractions by neural network. **Fluid Phase Equilibria**, v. 231, n. 2, p. 188–196, 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378381205000142>>. Acesso em: 10/9/2015.

CADE. Varejo de Gasolina. **Cadernos do Cade**, p. 55, 2014.

ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, n. 1, p. 77–87, 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0198971510000670>>. Acesso em: 6/4/2014.

CALABRESI, G.; FRATE, F. DEL; LICHTENEGGER, J.; PETROCCHI, A.; TRIVERO, P. Neural networks for the oil spill detection using ERS-SAR data. **IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'99 (Cat. No.99CH36293)**, v. 1, n. FEBRUARY, p. 215–217, 1999. Ieee. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=773451>>. Acesso em: 10/9/2015.

CANNON, A. R. Inventory improvement and financial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 115, n. 2, p. 581–593, 2008. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092552730800220X>>. Acesso em: 15/9/2015.

CHANG, J. I.; LIN, C.-C. A study of storage tank accidents. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, v. 19, n. 1, p. 51–59, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950423005000641>>. Acesso em: 13/4/2014.

CHRYSSOLOURIS, G.; PAPAKOSTAS, N.; MOURTZIS, D. Refinery short-term scheduling with tank farm, inventory and distillation management: An integrated simulation-based approach. **European Journal of Operational Research**, v. 166, n. 3, p. 812–827, 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377221704004187>>. Acesso em: 19/4/2014.

ĆIRIĆ, G.; GRUHN, G. Tank Farm Management – Scheduling of Product Movements. **Chemical Engineering & Technology**, v. 25, n. 2, p. 189, 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/1521-4125%28200202%2925%3A2%3C189%3A%3AAID-CEAT189%3E3.0.CO%3B2-L>>. .

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. 1st ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DENNIS, D.; MEREDITH, J. An Empirical Analysis of Process Industry Transformation Systems. **Management Science**, v. 46, n. 8, p. 1085–1099, 2000. Disponível em: <<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.46.8.1085.12031>>. .

ESCUADERO, L. F.; QUINTANA, F. J.; SALMER, J. Perspectives for Practice CORO , a modeling and an algorithmic framework for oil supply , transformation and distribution optimization under uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 114, p. 638–656, 1999.

EXAME. Reajuste da gasolina da Petrobras fica difícil com queda do consumo. ,2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/06/reajuste-da-gasolina-da-petrobras-fica-dificil-com-queda-do-consumo.html>>. .

FORTUNA, L.; GIANNONE, P.; GRAZIANI, S.; XIBILIA, M. G. Virtual Instruments Based on Stacked Neural Networks to Improve Product Quality Monitoring in a Refinery. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 56, n. 1, p. 95–101, 2007.

FRANSOO, J. C.; RUTTEN, W. G. M. M. A Typology of Production Control Situations in Process Industries. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 12, p. 47–57, 1994. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/01443579410072382>>. .

GHATEE, M.; HASHEMI, S. M. Optimal network design and storage management in petroleum distribution network under uncertainty. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 22, n. 4-5, p. 796–807, 2009. Elsevier. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0952197609000244>>. Acesso em: 19/4/2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4th ed. São Paulo, 2002.

GLASS, L.; WARD, M. Monitoring above-ground storage tanks. **National Petroleum News**, v. 102, n. 5, p. 24–27, 2010. Disponível em: <<http://connection.ebscohost.com/c/articles/59965021/monitoring-above-ground-storage-tanks>>. .

GMAP | UNISINOS. **Manual dos Procedimentos para Avaliação de Stress do Parque de Tancagem de Refinarias**. 2011.

GOEL, V.; GROSSMANN, I. A stochastic programming approach to planning of offshore gas field developments under uncertainty in reserves. **Computers & chemical engineering**, v. 28, n. 8, p. 1409–1429, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135403002898>>. Acesso em: 14/4/2014.

GÖTHE-LUNDGREN, M.; LUNDGREN, J.; PERSSON, J. An optimization model for refinery production scheduling. **International Journal of ...**, v. 78, p. 255–270, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527300001626>>. Acesso em: 11/9/2015.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An Introduction to Systematic Reviews**. SAGE Publications, 2012.

GOYAL, O. P. Reduce HC losses plant-wide: part 2. **Hydrocarbon processing**, v. September, p. 59–66, 1999. Disponível em: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=1910088>>. Acesso em: 13/4/2014.

GROSDIDIER, P. Economics of blend giveaway. **Hydrocarbon Processing**, v. 76, n. 11, p. 55–60, 1997.

GUPTA, A.; MARANAS, C. D. Managing demand uncertainty in supply chain planning. **Computers & Chemical Engineering**, v. 27, n. 8-9, p. 1219–1227, 2003. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135403000486>>. Acesso em: 28/3/2014.

HAYKIN, S. **Redes Neurais–Princípios e Prática**. 2a ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

HINTON, G. How neural networks learn from experience. **Scientific American**, p. 7, 1992. Disponível em: <<http://learning.cs.toronto.edu/~hinton/absps/sciam2.pdf>>. Acesso em: 26/3/2014.

HUSSAIN, M. A. Review of the applications of neural networks in chemical process control - simulation and online implementation. **Artificial Intelligence in Engineering**, v. 13, n. 1, p. 55–68, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954181098000119>>. .

IBM. Output Statistics (multilayer perceptron algorithms). Disponível em: <http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_21.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/alg_mlp_statistics.htm>. Acesso em: 29/8/2015.

IG. Refinaria da Petrobras terá protesto contra retomada da produção. Disponível em: <<http://economia.ig.com.br/empresas/2014-01-08/refinaria-da-petrobras-tera-protesto-contraretomada-da-producao.html>>. Acesso em: 12/1/2014.

JOLY, M.; MORO, L.; PINTO, J. Planning and scheduling for petroleum refineries using mathematical programming. **Brazilian Journal of Chemical ...**, v. 19, n. 02, p. 207–228, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-66322002000200008&script=sci_arttext>. Acesso em: 19/4/2014.

JONSBRATEN, T. W. Oil field optimization under price uncertainty. **Journal of the operational research society**, v. 49, n. 8, p. 811–818, 1998. Palgrave Macmillan.

KANET, J. J.; GORMAN, M. F.; STOSSLEIN, M. Dynamic planned safety stocks in supply networks. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 22, p. 6859–6880, 2010. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903341887>>. Acesso em: 15/9/2015.

KARIMPOULI, S.; FATHIANPOUR, N.; ROOHI, J. A new approach to improve neural networks' algorithm in permeability prediction of petroleum reservoirs using supervised committee machine neural network (SCMNN). **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 73, n. 3-4, p. 227–232, 2010. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0920410510001397>>. Acesso em: 29/8/2015.

KAZEMI ZANJANI, M.; NOURELFATH, M.; AIT-KADI, D. A multi-stage stochastic programming approach for production planning with uncertainty in the quality of raw materials and demand. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 16, p. 4701–4723, 2010. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903055727>>. Acesso em: 15/9/2015.

KITTISUPAKORN, P.; THITIYASOOK, P.; HUSSAIN, M. A.; DAOSUD, W. Neural network based model predictive control for a steel pickling process. **Journal of Process Control**, v. 19, n. 4, p. 579–590, 2009. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959152408001388>>. Acesso em: 29/8/2015.

KUO, T.; CHANG, C. Application of a mathematic programming model for integrated planning and scheduling of petroleum supply networks. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 47, n. 6, p. 1935–1954, 2008. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie070723s>>. Acesso em: 15/9/2015.

LACERDA, D. P. **Gestão Estratégica em uma Universidade Privada Confessional: Compreendendo Se e Como as Intenções Transformam-se em Ações Estratégicas**, 2009.

Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio de Janeiro–COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n4/aop_gp031412.pdf>. Acesso em: 21/4/2014.

LACERDA, D. P.; SILVA, É. R. P. DA; NAVARRO, L. L. L.; OLIVEIRA, N. N. P.; CAULLIRAUX, H. M. Algumas caracterizações dos métodos científicos em Engenharia de Produção: Uma análise de periódicos nacionais e internacionais. **Anais do ...**, p. 1–10, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR660483_0125.pdf>. Acesso em: 5/4/2014.

LEIRAS, A.; RIBAS, G.; HAMACHER, S.; ELKAMEL, A. Literature review of oil refineries planning under uncertainty. **International Journal of Oil, Gas and Coal Technology**, v. 4, n. 2, p. 156, 2011. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=38927>>. .

LI, W.; HUI, C.-W. Applying Marginal Value Analysis in Refinery Planning. **Chemical Engineering Communications**, v. 194, n. 7, p. 962–974, 2007. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00986440701232429>>. Acesso em: 13/4/2014.

LOWRY, M. Petroleum product storage by competitive crude oil processors. **Resources and energy**, v. 10, p. 95–110, 1988. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165057288900151>>. Acesso em: 11/9/2015.

MANSON, N. Is operations research really research? **ORiON: The Journal of ORSSA**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006. Disponível em: <<http://www.ajol.info/index.php/orion/article/view/34262>>. Acesso em: 7/4/2014.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0167923694000412>>. .

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 7a Edição ed. São Paulo, 2010.

MÁS, R.; PINTO, J. A mixed-integer optimization strategy for oil supply in distribution complexes. **Optimization and Engineering**, v. 4, n. 1, p. 23–64, 2003. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1021808313306>>. Acesso em: 11/9/2015.

MEERT, K.; RIJCKAERT, M. Intelligent Modelling in the Chemical Process Industry with Neural Networks : a Case Study. **Computers & chemical engineering**, v. 22, n. 98, p. S587–S593, 1998.

MIGUEL, P. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. .

MIRHASSANI, S. A.; BEHESHTIASL, N. A heuristic batch sequencing for multiproduct pipelines. **Computers & Chemical Engineering**, v. 56, p. 58–67, 2013. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135413001610>>. Acesso em: 13/4/2014.

MONTIN, T.; HÄLLSTRÖM, R.; STALHANDSKE, P. Integrating tank farm operations. **Hydrocarbon processing**, v. 81, n. 3, p. 67–68, 2002.

MORO, L.; ZANIN, A.; PINTO, J. A planning model for refinery diesel production. **Computers & Chemical Engineering**, v. 22, p. 1039–1042, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135498002099>>. Acesso em: 16/1/2014.

NEIRO, S. M. S.; PINTO, J. M. A general modeling framework for the operational planning of petroleum supply chains. **Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 6-7, p. 871–896, 2004. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135403002308>>. Acesso em: 13/1/2014.

NEUMANN, K.; SCHWINDT, C.; TRAUTMANN, N. Scheduling of continuous and discontinuous material flows with intermediate storage restrictions. **European Journal of Operational Research**, v. 165, n. 2, p. 495–509, 2005. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377221704002565>>. Acesso em: 10/4/2014.

PAN, M.; LI, X.; QIAN, Y. New approach for scheduling crude oil operations. **Chemical Engineering Science**, v. 64, n. 5, p. 965–983, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250908006003>>. .

PEARSON, N. R.; MASON, J. S. D.; PRIEWALD, R. H. The influence of maintenance on the life cycle of above-ground storage tanks. **Insight - Non-Destructive Testing and Condition Monitoring**, v. 54, n. 6, p. 311–315, 2012. Disponível em: <<http://openurl.ingenta.com/content/xref?genre=article&issn=1354-2575&volume=54&issue=6&spage=311>>. Acesso em: 13/4/2014.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2008. Disponível em: <<http://mesharpe.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.2753/MIS0742-1222240302>>. .

PETROBRAS. Desempenho Operacional do Parque de Refino. Disponível em: <<http://fatosedados.blogspot.com.br/2014/01/07/esclarecimento-sobre-desempenho-operacional-do-parque-de-refino/>>. Acesso em: 11/1/2014.

PINTO, J. M.; JOLY, M.; MORO, L. F. L. Planning and scheduling models for refinery operations. **Computers & Chemical Engineering**, v. 24, n. 9-10, p. 2259–2276, 2000a. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135400005718>>. Acesso em: 16/1/2014.

PINTO, J. M.; JOLY, M.; MORO, L. F. L. Planning and scheduling models for refinery operations. **Computers & Chemical Engineering**, v. 24, n. 9-10, p. 2259–2276, 2000b. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135400005718>>. .

PINTO, J.; MORO, L. A planning model for petroleum refineries. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 17, n. 4-7, p. 575–586, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322000000400022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11/9/2015.

PITA, A. Operários da Petrobras protestam no RJ por segurança. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/operarios-da-petrobras-protestam-no-rj-por-seguranca>>. Acesso em: 12/1/2014.

PONGSAKDI, A.; RANGSUNVIGIT, P.; SIEMANOND, K.; BAGAJEWICZ, M. J. Financial risk management in the planning of refinery operations. **International Journal of Production Economics**, v. 103, n. 1, p. 64–86, 2006. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527305001520>>. Acesso em: 11/9/2015.

RELVAS, S. Reactive scheduling framework for a multiproduct pipeline with inventory management. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 46, n. 17, p. 5659–5672, 2007. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie070214q>>. Acesso em: 11/9/2015.

RELVAS, S.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D.; MATOS, A. Inventory Management MILP Modeling for Tank Farm Systems. ,2010.

RELVAS, S.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D.; MATOS, H. A. Heuristic batch sequencing on a multiproduct oil distribution system. **Computers & Chemical Engineering**, v. 33, n. 3, p. 712–730, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0098135408002202>>. Acesso em: 13/4/2014.

RIPPIN, D. W. T. Batch process systems engineering: A retrospective and prospective review. **Computers & Chemical Engineering**, v. 17, p. S1–S13, 1993. Pergamon Press Ltd. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/009813549380201W>>. Acesso em: 24/3/2014.

ROMME, A. G. L. Making a Difference: Organization as Design. **Organization Science**, v. 14, n. 5, p. 558–573, 2003. Disponível em: <<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/orsc.14.5.558.16769>>. .

ROSA, B.; ORDONES, R. Com cancelamento de refinarias, Brasil vai aumentar importação de combustíveis. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/petroleo-e>>

energia/com-cancelamento-de-refinarias-brasil-vai-aumentar-importacao-de-combustiveis-15210914#ixzz3>. Acesso em: 28/7/2015.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4th ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVEIRA, B. I. DA. **Produção de Biodiesel - Análise e Projeto de Reatores Químicos**. 1st ed. São Paulo: BIBLIOTECA 24 HORAS, 2011.

SIMON, H. **The sciences of the artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1999.

SNOWDEN, D.; BOONE, M. A leader's framework for decision making. **harvard business review**, 2007. Disponível em: <<http://aacu-secure.nisgroup.com/meetings/ild/documents/Symonette.MakeAssessmentWork.ALeadersFramework.pdf>>. Acesso em: 7/10/2015.

SOUZA, A. M. DE. **Análise exploratória dos impactos das decisões de marketing sobre o desempenho de entrega da área de operações a partir de redes neurais artificiais**, 2013. UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS.

SOUZA, A. M. DE; LACERDA, D. P.; CAMARGO, L. F. R.; TEIXEIRA, R. Exploring the Relationship Between Marketing and Operations: Neural Network Analysis of Marketing Decision Impacts on Delivery Performance. **International Journal of Production Economics**, , n. 1993, p. 1–13, 2014. Elsevier. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527314000693>>. Acesso em: 20/3/2014.

STEBEL, S.; JR, F. N.; ARRUDA, L. A hybrid approach using CLP and MILP applied to tank farm operation scheduling. **Computer Aided Chemical Engineering**, v. 21, p. 2213–2218, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570794606803779>>. Acesso em: 13/4/2014.

SUBRAHMANYAM, S.; PEKNEY, J. F.; REKLAITIS, G. V. Design of Batch Chemical Plants Under Market Uncertainty. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 33, n. 11, p. 2688–2701, 1994. American Chemical Society. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/ie00035a019>>..

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; YOSHIKAWA, H. Modeling design process. **AI magazine**, v. 11, n. 4, p. 37–48, 1990. Disponível em: <<http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/viewArticle/855>>. Acesso em: 7/4/2014.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, B. Design Science Research in Information Systems Overview of Design Science Research. Disponível em: <<http://desrist.org/design-research-in-information-systems>>. Acesso em: 7/4/2014.

VAN AKEN, J. E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of management studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x/full>>. Acesso em: 7/4/2014.

VENABLE, J. The role of theory and theorising in design science research. INTERNATIONAL CONFERENCE ON DESIGN SCIENCE IN INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 1. **Anais...**, 2006. Claremont. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.110.2475&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 7/4/2014.

WORREN, N. A.; MOORE, K.; ELLIOTT, R. When theories become tools: Toward a framework for pragmatic validity. **Human Relations**, v. 55, n. 10, p. 1227–1250, 2002. Disponível em: <<http://hum.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0018726702055010082>>. Acesso em: 7/4/2014.

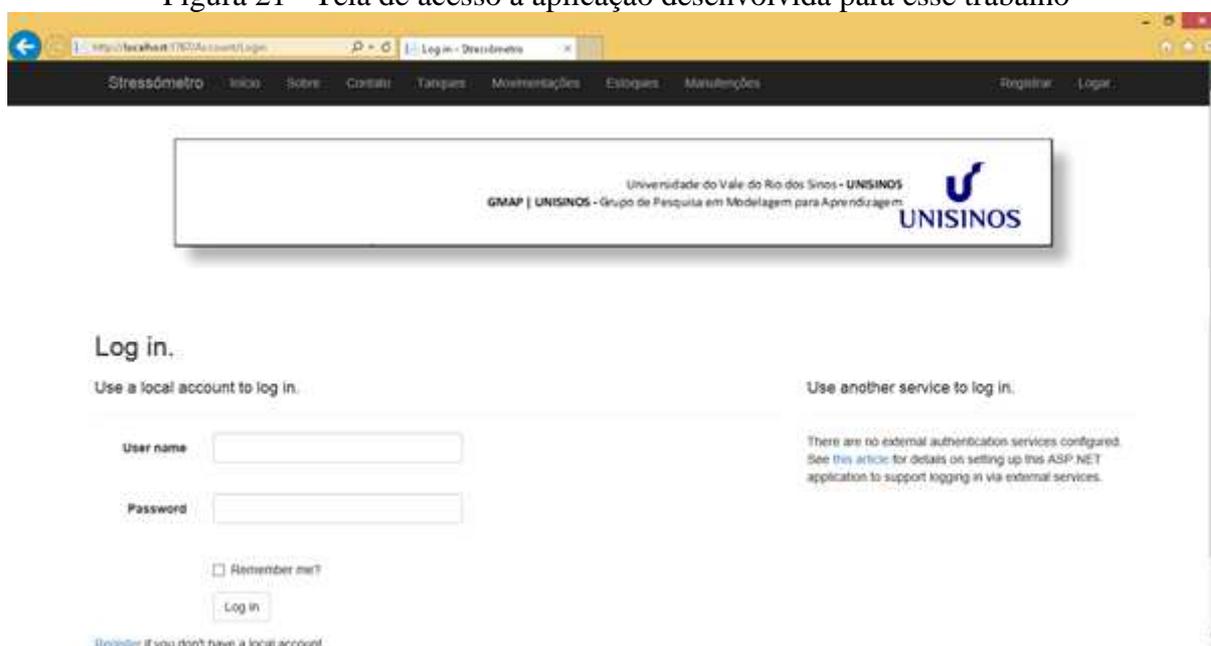
ZERO HORA. Petrobras é a empresa brasileira de capital aberto que mais perdeu valor em 2013. Disponível em: <<http://zerohora.clicrbs.com.br/rs/economia/noticia/2013/12/petrobras-e-a-empresa-brasileira-de-capital-aberto-que-mais-perdeu-valor-em-2013-4378420.html>>. Acesso em: 12/1/2014.

8 APÊNDICE A – Interfaces da ferramenta desenvolvida

8.1 TELA DE ACESSO À APLICAÇÃO

Na tela apresentada na Figura 21 é feito o controle de acesso à aplicação. Sem efetuar o acesso com um usuário e senha registrados no sistema, o usuário pode apenas visualizar as informações da aplicação. Após realizar o acesso, o usuário, caso tenha permissão de administrador, pode realizar o cadastro de tanques e a importação dos dados de movimentações, níveis de estoque e situação operacional.

Figura 21 - Tela de acesso à aplicação desenvolvida para esse trabalho



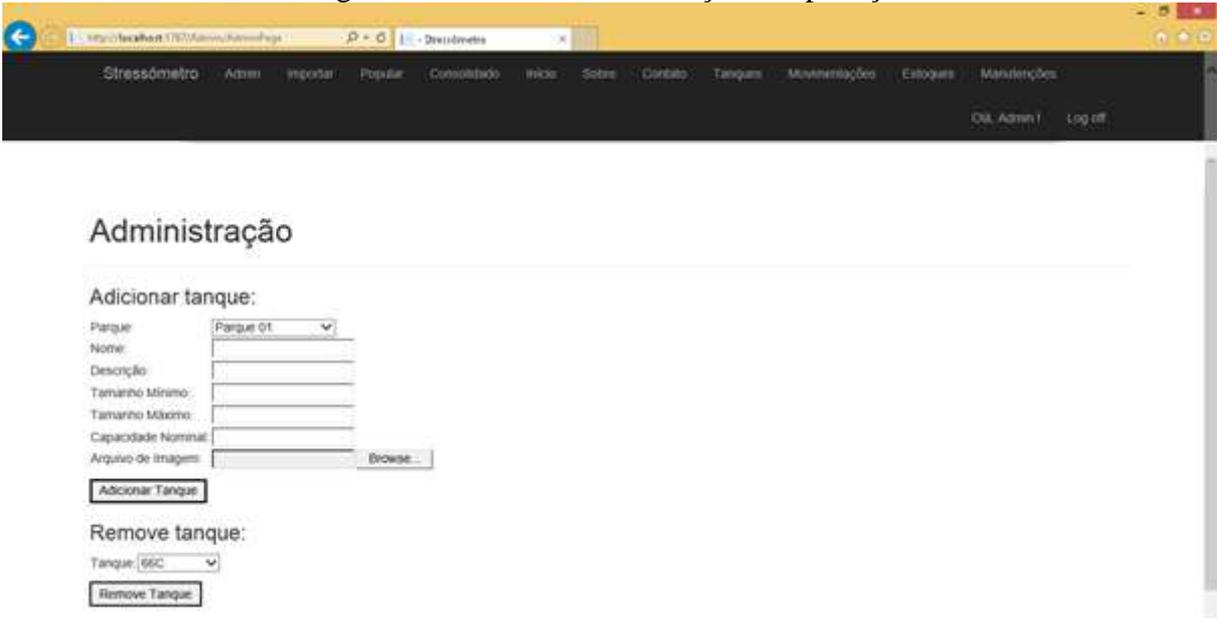
Fonte: elaborado pelo autor.

8.2 TELA DE ADMINISTRAÇÃO DA APLICAÇÃO

Na tela visualizada na Figura 22 é possível adicionar ou remover tanques de um parque cadastrado no sistema. Ao cadastrar um tanque, é possível selecionar o parque ao qual ele pertence, informar seu nome, sua descrição, seu volume mínimo, volume máximo e capacidade nominal. Também é possível realizar o *upload* de um arquivo de imagem para representar o tanque na aplicação. Caso o usuário não forneça uma imagem específica, a aplicação utiliza uma imagem padrão para esse fim.

Esta tela é um modelo de sugestão para as demais telas de cadastro do sistema, que devem ser desenvolvidas. Essas novas telas devem permitir o cadastro de órgãos, parques, produtos, operações, status operacionais e demais cadastros de informações básicas não contemplados na versão inicial. Esses cadastros, nessa versão, são feitos diretamente no banco de dados.

Figura 22 - Tela de administração da aplicação



The screenshot shows a web browser window with the URL <http://localhost:1700/Atividade/ResumoPage>. The page title is "Stressômetro". The navigation menu includes: Stressômetro, Admin, Importar, Popular, Consultado, Início, Sobre, Contato, Tanques, Movimentações, Estoque, Manutenções. The user is logged in as "Dell Admin" and can "Log off".

Administração

Adicionar tanque:

Parque:

Nome:

Descrição:

Tamanho Mínimo:

Tamanho Máximo:

Capacidade Nominal:

Arquivo de Imagem:

Remove tanque:

Tanque:

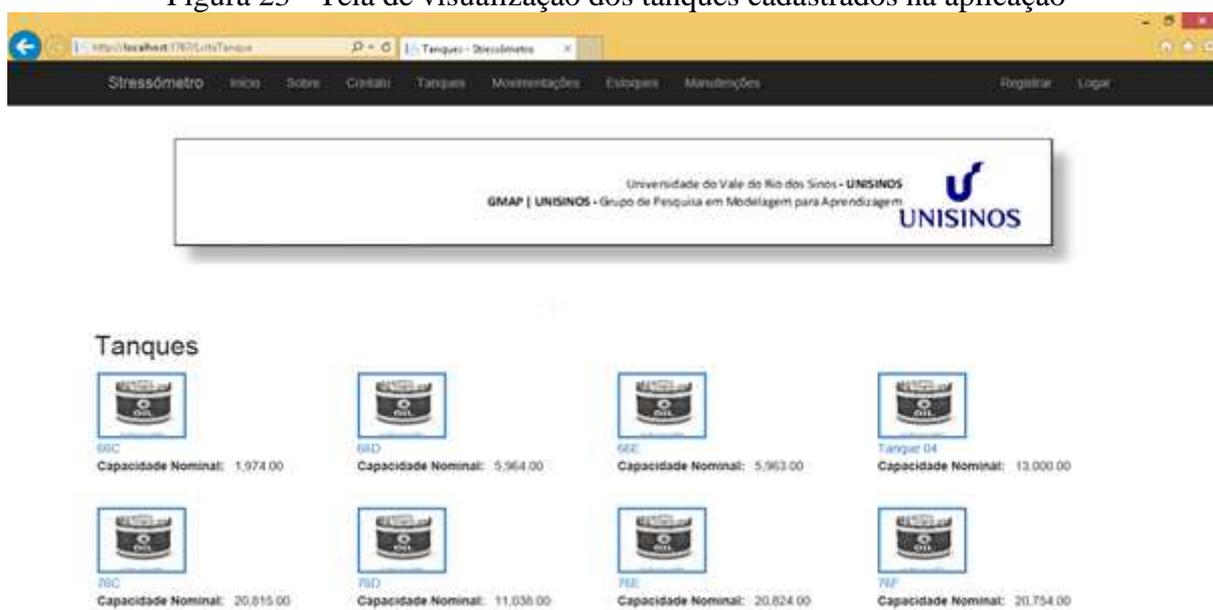
Fonte: elaborado pelo autor.

8.3 TELA DE VISUALIZAÇÃO DOS TANQUES

A tela mostrada na Figura 23 é possível visualizar todos os tanques cadastrados na aplicação. Para ilustrar os tanques, é mostrada a imagem fornecida no momento do cadastro do tanque ou a imagem padrão do sistema, caso não tenha sido fornecida uma imagem.

Acima dos tanques ficam disponíveis *links* com os nomes dos parques cadastrados na aplicação. Ao clicar em um deles, a aplicação filtra o conteúdo da tela e mostra apenas os tanques pertencentes ao parque que recebeu o clique.

Figura 23 - Tela de visualização dos tanques cadastrados na aplicação

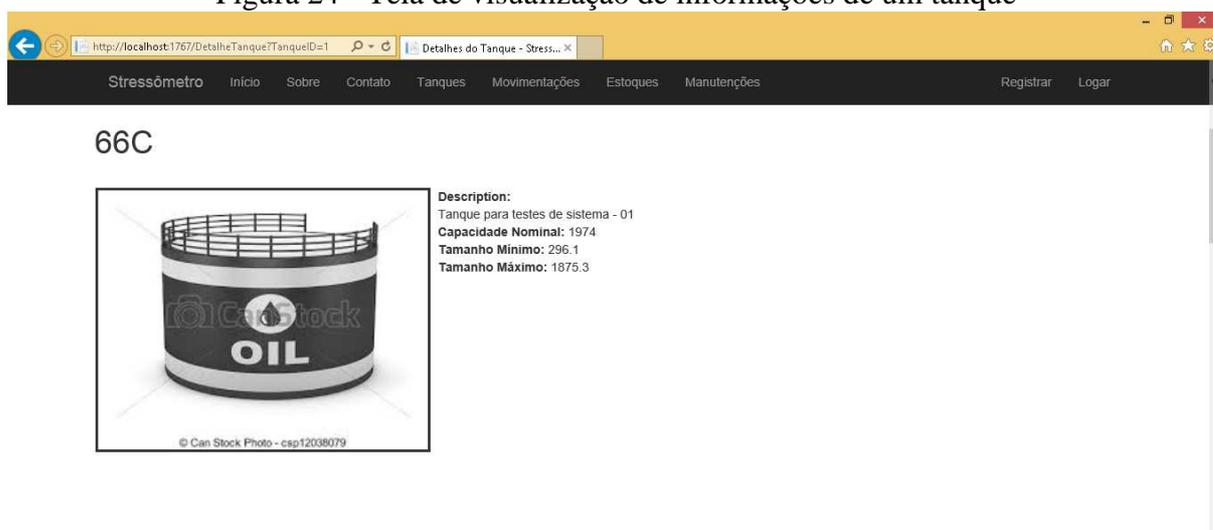


Fonte: elaborada pelo autor.

8.4 TELA DE VISUALIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE UM TANQUE

Ao clicar em um tanque na tela de visualização dos tanques, a aplicação mostra a tela ilustrada na Figura 24, que informa os dados específicos do tanque selecionado. São visualizados os dados informados pelo usuário no momento do cadastro do tanque no sistema.

Figura 24 - Tela de visualização de informações de um tanque



Fonte: elaborado pelo autor.

8.5 TELA DE IMPORTAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE MOVIMENTAÇÃO DE UM TANQUE

A Figura 25 mostra a tela através da qual são importadas as informações referentes às movimentações, níveis de estoque, e status de manutenção dos tanques. Para isso, o usuário seleciona o tanque cujas informações irá importar e seleciona o arquivo no formato Microsoft Excel que contém as informações. Nessa versão inicial da aplicação, a estrutura do arquivo é a mesma utilizada pelo GMAP-UNISINOS (2011).

Figura 25 - Tela de importação de dados de movimentação de um tanque



Fonte: elaborado pelo autor.

9 APÊNDICE B – Parâmetros de estimativa das redes neurais artificiais

9.1 PARÂMETROS DE ESTIMATIVA DOS NEURÔNIOS (PESOS) DO CENÁRIO

1

Quadro 47 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 1

Preditor		Estimativas do parâmetro									
		Previsto									
		Camada oculta 1									Camada de saída
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	H(1:7)	H(1:8)	H(1:9)	Pstress
Camada de entrada	(Viés)	-,042	-,484	-,751	-,079	,281	,475	,272	,070	,441	
	VLTempoEnchimentoT1T0	,371	,244	,823	,389	,182	-,330	,395	-,391	-,543	
	VLTempoRepousoT4T1	,333	-,100	-,016	-,272	-,493	-,338	,289	-,018	,291	
	VLTempoCertificacaoT5T4	,136	,384	-,024	,498	-,483	-,780	,209	-,532	-,019	
	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	,473	,087	,351	-,389	-,400	-,401	,268	,055	,340	
	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	-,010	-,273	,231	,077	-,185	-,421	,092	-,449	-,151	
	VLTempoEsvaziamentoT7T6	,069	-,404	,423	-,075	,250	-,799	-,311	,205	-,148	
	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	-,068	-,432	-,1786	-,421	-,464	,984	,079	,034	,127	
	VLTempoTanqueParadoT8T7	-,427	,289	-,007	-,290	-,334	-,010	,310	-,336	-,015	
	VLTempoPermanenciaT7T1	-,408	,365	,146	,024	,316	,281	,095	-,698	-,263	
	EspacoDisponivelUtilTotal	,521	-,267	-,481	,219	,050	-,133	,063	-,266	-,112	
	EspacoDisponivelUtilSemPerda	,585	,478	,214	,395	,439	,090	-,237	,321	,506	
	EspacoUtilizadoTotal	-,297	,100	-,155	,261	,018	-,170	,114	,215	,210	
	EspacoUtilizadoSemPerda	,058	,488	,240	,098	-,310	-,265	,171	-,237	-,049	
	QtdRemontagens	-,342	,340	,157	-,256	,030	,081	,415	-,070	-,037	
	QtdT0Vazio	,069	-,252	-,105	,225	,098	,232	-,473	,823	,130	
	QtdT0NaoVazio	,430	-,384	-,361	,020	-,320	-,439	-,310	-,033	-,122	
	QtdT1CheioCertificado	-,034	-,148	-,029	,105	-,225	-,233	,460	,286	,171	
	QtdT1NaoCheioCertificado	-,339	,481	,096	,456	,179	,088	,235	,467	-,185	
	GiroVolumetrico	-,267	,077	,108	-,508	-,362	1,025	,088	-,029	,319	
	VLVolumeEnchidoPeriodo	-,286	,021	-,007	-,155	-,430	,160	-,385	,107	,110	
	VLVolumeEsvaziadoPeriodo	-,432	-,350	,344	,050	,427	-,007	-,132	-,257	-,303	
	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	,088	-,310	-,075	-,311	-,007	-,190	-,488	,068	-,530	
Camada oculta 1	(Viés)										,612
	H(1:1)										,046
	H(1:2)										-,133
	H(1:3)										,657
	H(1:4)										,006
	H(1:5)										-,105
	H(1:6)										-,852
	H(1:7)										,137
	H(1:8)										,185
	H(1:9)										-,162

Fonte: elaborado pelo autor

9.2 PARÂMETROS DE ESTIMATIVA DOS NEURÔNIOS (PESOS) DO CENÁRIO

2

Quadro 48 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 2

Preditor		Estimativas do parâmetro									Camada de saída
		Previsto									
		Camada oculta 1									
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	H(1:7)	H(1:8)	H(1:9)	Pstress
Camada de entrada	(Viés)	,101	,466	-,238	,155	-,012	,284	,209	-,036	,002	
	CQTempoEnchimentoT1T0	-,150	-,119	-,331	,509	,516	-,199	,310	-,401	-,253	
	CQTempoRepousoT4T1	-,399	-,248	,044	,333	,081	-,033	,005	-,339	-,185	
	CQTempoCertificacaoT5T4	,259	,230	-,513	,508	-,575	-,415	,031	,373	,045	
	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	,170	-,295	-,445	,088	-,022	-,173	-,271	,554	,028	
	CQTempoEsvaziamentoT7T6	-,365	-,717	,179	,641	-,043	-,122	,287	,377	-,156	
	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	-,332	,780	-,379	-,074	,051	,720	,207	-,254	-,694	
	CQTempoTanqueParadoT8T7	-,059	,353	-,355	-,002	-,073	-,715	-,420	-,095	-,080	
	CQTempoPermanenciaT7T1	,207	-,266	,270	-,280	-,026	-,107	,454	,224	,253	
	EspacoDisponivelUtilTotal	-,076	,561	-,460	-,019	-,263	,099	-,415	-,536	,138	
	EspacoDisponivelUtilSemPerda	,155	,050	-,261	-,233	-,106	-,154	,105	-,581	,094	
	EspacoUtilizadoTotal	,220	-,392	,288	-,561	,319	-,149	-,363	-,024	,350	
	EspacoUtilizadoSemPerda	-,235	-,239	,254	,045	-,290	-,299	,352	,713	,733	
	QtdRemontagens	-,045	,355	,262	,330	,027	,195	,083	-,305	,259	
	QtdT0Vazio	,280	-,096	-,282	-,266	,325	,348	,537	-,231	,353	
	QtdT0NaoVazio	-,422	-,094	-,007	,534	-,473	-,304	-,362	,032	-,196	
	QtdT1CheioCertificado	-,436	,021	,335	-,190	,168	-,186	-,320	-,336	,207	
	QtdT1NaoCheioCertificado	-,324	,169	-,211	,433	-,349	-,048	-,069	,305	,091	
	GiroQualidade	-,224	,269	-,433	-,399	,261	,537	-,209	,603	,097	
	CQVolumeEnchidoPeriodo	-,107	,016	,326	,256	-,476	,500	,200	,258	-,170	
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	-,154	-,137	,190	-,496	,273	,133	-,128	,199	,015		
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	,290	,318	,187	,271	,203	-,544	-,494	-,268	-,603		
Camada oculta 1	(Viés)										-,385
	H(1:1)										,090
	H(1:2)										-,307
	H(1:3)										,442
	H(1:4)										,533
	H(1:5)										,236
	H(1:6)										-,579
	H(1:7)										-,027
	H(1:8)										,794
H(1:9)										,436	

Fonte: elaborado pelo autor.

9.3 PARÂMETROS DE ESTIMATIVA DOS NEURÔNIOS (PESOS) DO CENÁRIO

3

Quadro 49 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 3

Preditor		Estimativas do parâmetro									
		Previsto									
		Camada oculta 1									Camada de saída
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	H(1:7)	H(1:8)	H(1:9)	Pstress
Camada de entrada	(Viés)	-,026	,189	-,165	-,484	,138	,227	-,243	,236	-,200	
	PercCQTempoEnchimento	-,370	-,185	-,089	-,207	-,107	,097	,379	-,295	-,061	
	PercCQTempoRepouso	-,128	,039	-,361	-,096	-,239	,075	-,219	,122	-,351	
	PercCQTempoCertificacao	,270	,152	-,009	-,154	-,449	,151	,022	,245	,003	
	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	-,297	,421	-,307	-,271	-,266	,504	,129	-,359	-,015	
	PercCQTempoEsvaziamento	-,519	,396	,172	,318	,138	-,330	,311	-,313	-,189	
	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	-,451	-,123	-,510	,185	,167	,003	-,469	-,325	,018	
	PercCQTempoTanqueParado	,042	-,172	-,044	,557	-,322	-,455	,001	,404	-,375	
	PercCQTempoPermanencia	-,358	,090	-,393	-,087	,177	-,475	,060	,338	-,009	
	PercEspacoDisponivelUtilTotal	,508	-,183	-,360	-,453	,355	,058	-,316	-,445	-,209	
	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	,218	-,545	,290	,431	-,138	-,296	-,238	,424	-,008	
	PercEspacoUtilizadoTotal	,074	,016	,180	-,111	-,223	-,078	-,112	,293	-,494	
	PercEspacoUtilizadoSemPerda	,321	,144	-,313	-,513	,207	-,089	,384	,485	-,436	
	QtdRemontagens	,136	,081	-,266	,129	-,546	,206	-,111	,032	-,124	
	QtdT0Vazio	-,422	-,105	-,178	,281	,064	,354	-,015	-,010	,346	
	QtdT0NaoVazio	-,324	-,326	-,309	-,122	-,361	-,227	-,010	,183	,300	
	QtdT1CheioCertificado	-,443	-,440	-,169	,099	,168	,460	,099	,368	,293	
	QtdT1NaoCheioCertificado	-,110	-,039	-,359	,013	,224	,111	-,350	,261	-,443	
	GiroQualidade	,466	,562	,402	-,308	,143	-,253	,012	,283	,137	
	CQVazaoEnchimento	,492	,016	-,094	,054	-,167	,486	,443	-,157	-,416	
CQVazaoEsvaziamento	,025	,236	,017	,405	,025	-,406	,504	,430	,129		
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	-,117	,114	,226	-,144	-,450	,310	-,196	,295	-,212		
Camada oculta 1	(Viés)										-,171
	H(1:1)										-,309
	H(1:2)										,504
	H(1:3)										,162
	H(1:4)										-,259
	H(1:5)										-,324
	H(1:6)										-,183
	H(1:7)										,185
	H(1:8)										,186
H(1:9)										-,211	

Fonte: elaborado pelo autor.

9.4 PARÂMETROS DE ESTIMATIVA DOS NEURÔNIOS (PESOS) DO CENÁRIO

4

Quadro 50 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 4

Preditor		Estimativas do parâmetro									
		Previsto									
		Camada oculta 1									Camada de saída
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)	H(1:6)	H(1:7)	H(1:8)	H(1:9)	Pstress
Camada de entrada	(Viés)	,005	-,297	-,384	,403	-,234	-,343	-,335	,406	-,224	
	PercVLTempoEnchimento	-,371	,090	,221	,214	,459	-,116	,130	-,728	-,018	
	PercVLTempoRepouso	,035	-,457	,022	,361	,222	,257	,021	,298	-,216	
	PercVLTempoCertificacao	-,314	-,382	-,300	,341	-,096	-,210	-,475	-,354	,050	
	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	-,350	-,402	,020	-,118	,261	-,273	,183	-,271	-,339	
	PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	-,420	,126	-,011	-,123	-,275	-,372	-,340	-,524	,081	
	PercVLTempoEsvaziamento	,354	-,378	-,458	,338	,650	,156	-,443	-,201	-,489	
	PercVLTempoTanqueNivelBaixo	-,207	,177	-,424	,473	-,595	,382	,287	,276	-,251	
	PercVLTempoTanqueParado	-,233	-,519	,133	-,125	-,058	,060	,131	,418	,351	
	PercVLTempoPermanencia	,075	-,496	-,410	-,378	,428	,184	-,371	-,060	-,052	
	PercEspacoDisponivelUtilTotal	,234	,237	-,159	,312	-,537	,043	,481	-,061	,494	
	PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	,082	-,330	,236	-,368	-,253	-,075	-,112	,368	-,228	
	PercEspacoUtilizadoTotal	-,071	-,196	-,424	-,497	-,246	,242	-,063	-,289	-,280	
	PercEspacoUtilizadoSemPerda	-,405	,133	,045	,163	,264	-,412	,236	,020	,157	
	QtdRemontagens	,357	-,066	-,008	,034	,154	,224	-,087	,210	-,207	
	QtdT0Vazio	,028	,290	-,429	-,399	-,120	,444	,123	-,389	-,172	
	QtdT0NaoVazio	-,441	-,448	-,216	,232	-,430	,480	,393	-,343	,034	
	QtdT1CheioCertificado	,056	,016	,247	,427	-,200	-,308	,351	,176	-,228	
	QtdT1NaoCheioCertificado	,313	,133	-,198	-,412	,334	,159	-,073	,130	,294	
	GiroVolumetrico	,151	,034	-,305	-,129	-,006	-,298	,426	,179	-,315	
	VLVazaoEnchimento	-,457	-,174	-,481	,062	,151	-,239	-,163	,293	,043	
	VLVazaoEsvaziamento	-,006	-,197	,309	,017	,336	-,427	,330	-,015	-,116	
	VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	-,501	,358	,181	,483	,364	-,164	-,202	,339	-,338	
Camada oculta 1	(Viés)										,178
	H(1:1)										-,014
	H(1:2)										-,161
	H(1:3)										,147
	H(1:4)										,103
	H(1:5)										,684
	H(1:6)										,034
	H(1:7)										,221
	H(1:8)										-,377
	H(1:9)										-,101

Fonte: elaborado pelo autor.

9.5 PARÂMETROS ESTIMATIVA DOS NEURÔNIOS (PESOS) DO CENÁRIO 5

Quadro 51 - Parâmetros de Estimativa dos Neurônios (Pesos) do Cenário 5

Preditor		Estimativas do parâmetro				
		Previsto				Camada de saída
		Camada oculta 1				
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	Pstress
Camada de entrada	(Viés)	-,417	,502	,440	-,488	
	CQTempoEnchimentoT1T0	,391	-,261	,161	,060	
	CQTempoRepousoT4T1	,249	,159	,389	,332	
	CQTempoCertificacaoT5T4	-,012	-,283	-,223	,431	
	CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	,271	-,205	,396	,485	
	CQTempoEsvaziamentoT7T6	,154	-,314	-,028	,259	
	CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	-,410	,166	,326	,422	
	CQTempoTanqueParadoT8T7	-,312	,306	-,497	-,003	
	CQTempoPermanenciaT7T1	,128	,580	-,274	,420	
	VLTempoEnchimentoT1T0	-,212	-,722	,516	-,324	
	VLTempoRepousoT4T1	-,211	-,193	,268	,552	
	VLTempoCertificacaoT5T4	-,038	-,325	,314	,169	
	VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	,315	,186	-,004	-,158	
	VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	-,220	-,464	-,117	-,473	
	VLTempoEsvaziamentoT7T6	,044	-,421	-,302	-,339	
	VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	,102	1,021	-,115	,101	
	VLTempoTanqueParadoT8T7	-,173	,065	-,110	,257	
	VLTempoPermanenciaT7T1	,189	-,252	,012	,207	
	PercCQTempoEnchimento	-,353	,313	-,241	-,023	
	PercCQTempoRepouso	,136	,284	-,451	,574	
	PercCQTempoCertificacao	-,239	,163	,167	,513	
	PercCQTempoProdutoCertificadoParado	-,505	-,329	-,001	,138	
	PercCQTempoEsvaziamento	,186	,289	,322	,145	
	PercCQTempoTanqueNivelBaixo	-,021	-,322	,309	,187	
	PercCQTempoTanqueParado	-,167	,040	-,424	,041	
	PercCQTempoPermanencia	-,147	,289	,430	,266	
	PercVLTempoEnchimento	-,298	-,231	,609	,484	
	PercVLTempoRepouso	-,301	-,313	-,085	-,012	
	PercVLTempoCertificacao	-,333	,346	,324	,516	
	PercVLTempoProdutoCertificadoParado	-,199	,001	,486	,085	

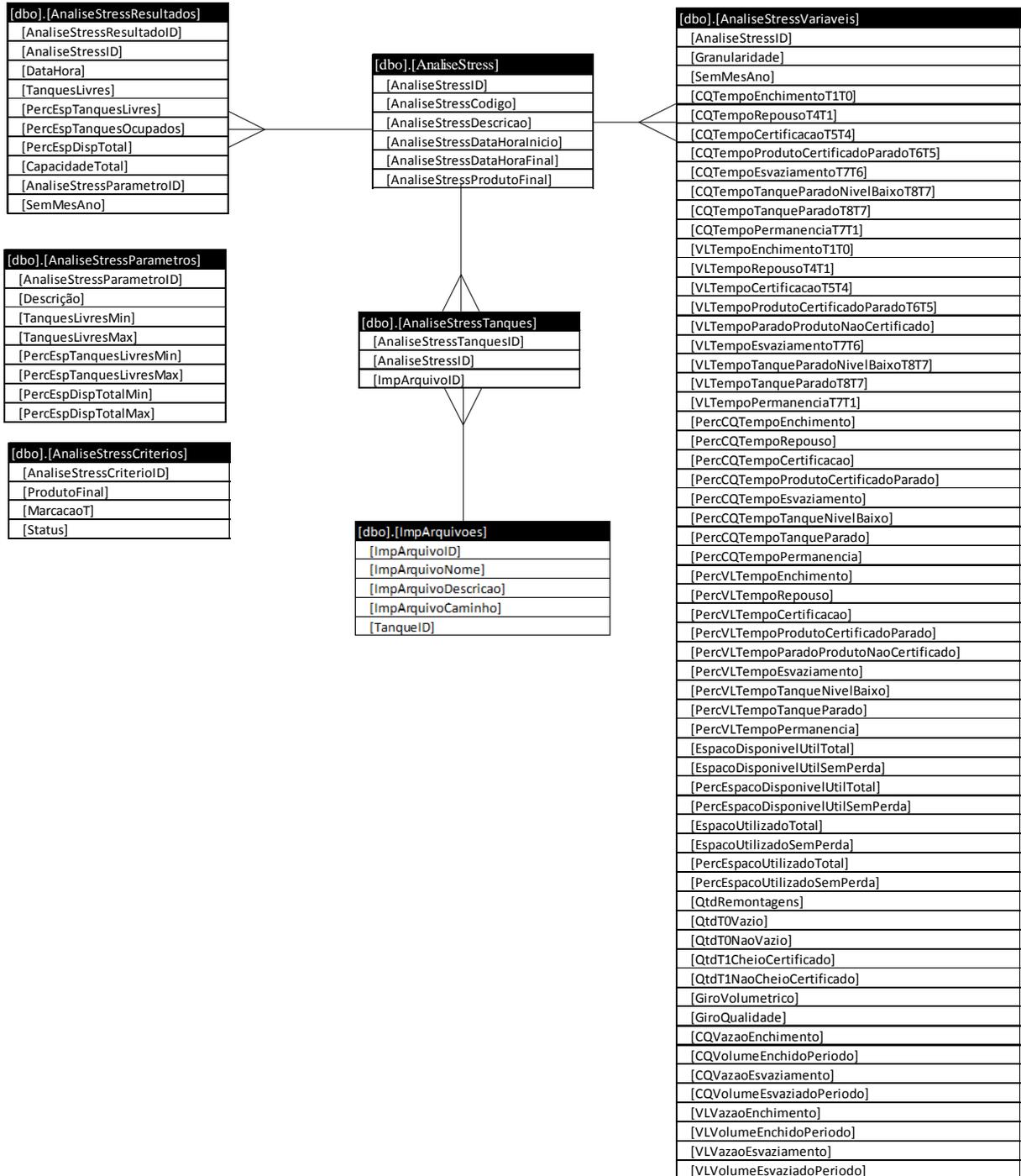
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	-,237	,102	,055	-,477
PercVLTempoEsvaziamento	,174	-,484	-,167	-,198
PercVLTempoTanqueNivelBaixo	,280	1,069	-,344	-,516
PercVLTempoTanqueParado	-,047	,048	,423	-,347
PercVLTempoPermanencia	,012	-,075	,567	-,249
EspacoDisponivelUtilTotal	,405	-,223	-,220	,150
EspacoDisponivelUtilSemPerda	-,289	,506	,007	-,003
PercEspacoDisponivelUtilTotal	-,256	-,369	-,146	,281
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	-,177	,476	-,207	,143
EspacoUtilizadoTotal	-,086	-,135	-,062	-,177
EspacoUtilizadoSemPerda	-,381	,082	,110	,286
PercEspacoUtilizadoTotal	-,164	,001	,237	-,226
PercEspacoUtilizadoSemPerda	-,532	-,008	-,449	,310
QtdRemontagens	-,099	,042	,035	-,399
QtdT0Vazio	,211	,016	,347	,299
QtdT0NaoVazio	,298	-,102	-,088	,391
QtdT1CheioCertificado	,034	-,259	,036	-,032
QtdT1NaoCheioCertificado	-,080	-,195	,100	-,302
GiroVolumetrico	-,010	-,027	,023	-,525
GiroQualidade	-,217	,228	,485	-,019
CQVazaoEnchimento	-,322	,090	-,159	,081
CQVolumeEnchidoPeriodo	,290	,194	-,437	,232
CQVazaoEsvaziamento	-,034	,040	,195	,116
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	-,371	,023	,017	-,059
VLVazaoEnchimento	-,214	-,002	,412	,454
VLVolumeEnchidoPeriodo	,026	,085	,019	-,212
VLVazaoEsvaziamento	-,125	-,063	-,196	,435
VLVolumeEsvaziadoPeriodo	,146	-,345	-,187	,388
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	-,034	,216	-,288	,508
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	,013	-,192	,338	-,417
Camada oculta 1 (Viés)				,403
H(1:1)				-,147
H(1:2)				-,721
H(1:3)				,157
H(1:4)				,389

Fonte: elaborado pelo autor.

10 APENDICE C – MODELO DO BANCO DE DADOS DA APLICAÇÃO

10.1 DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO DA ANALISE DE STRESS E DOS CÁLCULOS DE VARIÁVEIS

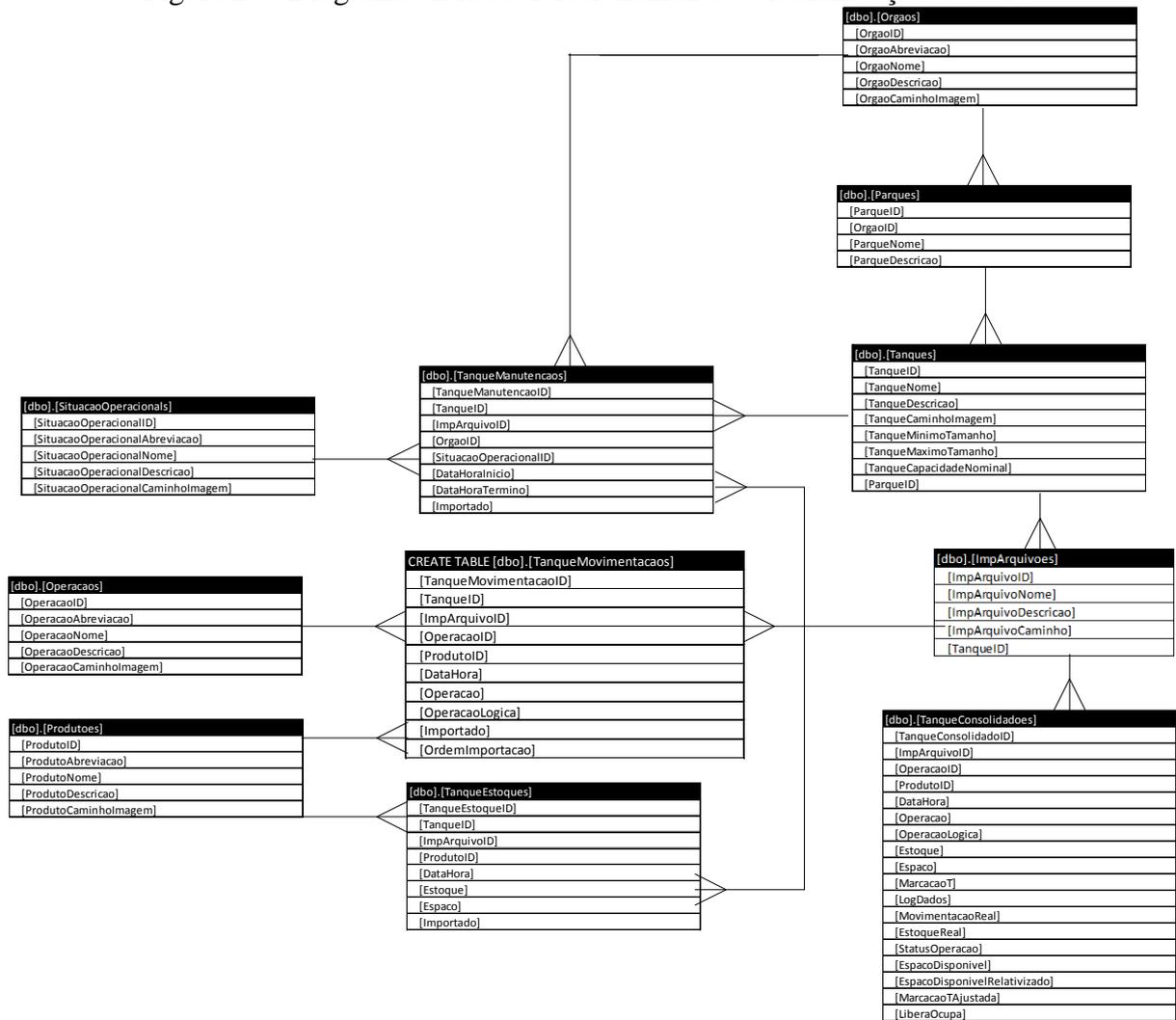
Figura 26 - Diagrama entidade relacionamento da analise de stress e dos cálculos de variáveis



Fonte: elaborado pelo autor

10.2 DIAGRAMA ENTIDADE RELACIONAMENTO DA ANALISE DE STRESS E DOS CÁLCULOS DE VARIÁVEIS

Figura 27 - Diagrama entidade relacionamento da identificação dos "Ts"

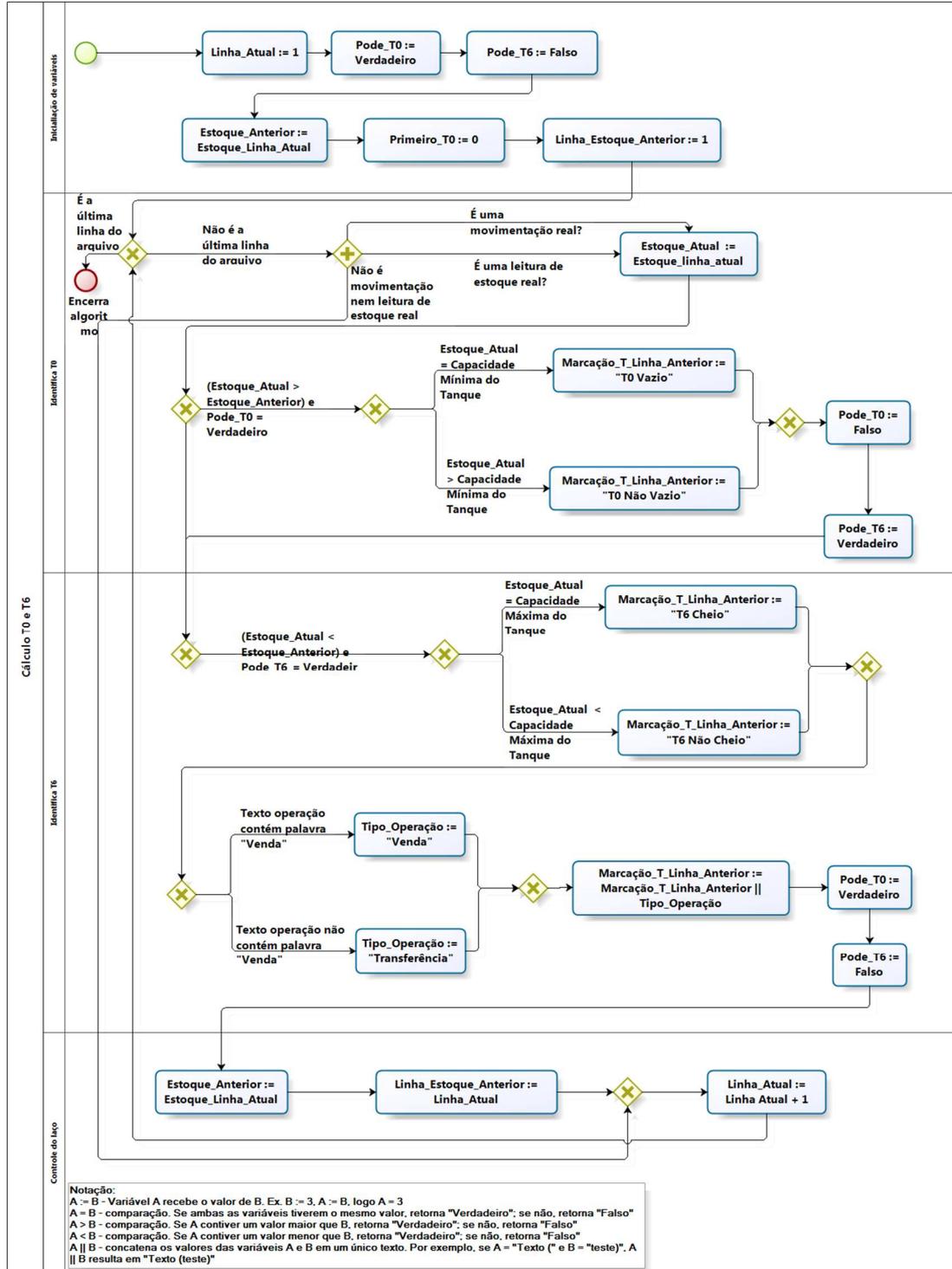


Fonte: elaborado pelo autor

11 APENDICE D – ALGORITMOS PARA CÁLCULOS DO CICLO DE TANQUE

11.1 CÁLCULO DO T0 E DO T6 – PARTE 1

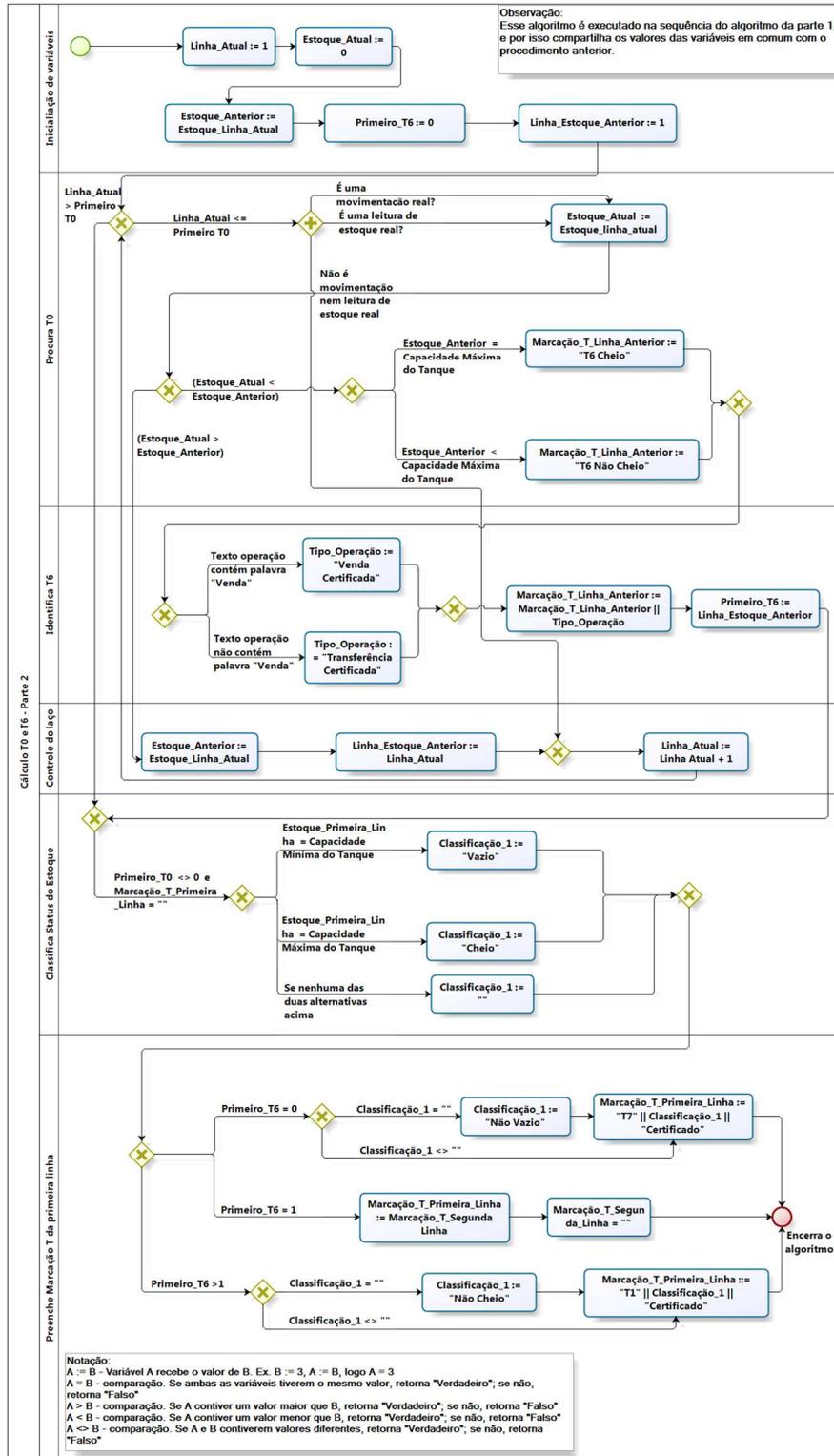
Figura 28 - Algoritmo de cálculo do T0 e T6 - Parte 1



Fonte: elaborado pelo autor

11.2 CÁLCULO DO T0 E DO T6 – PARTE 2

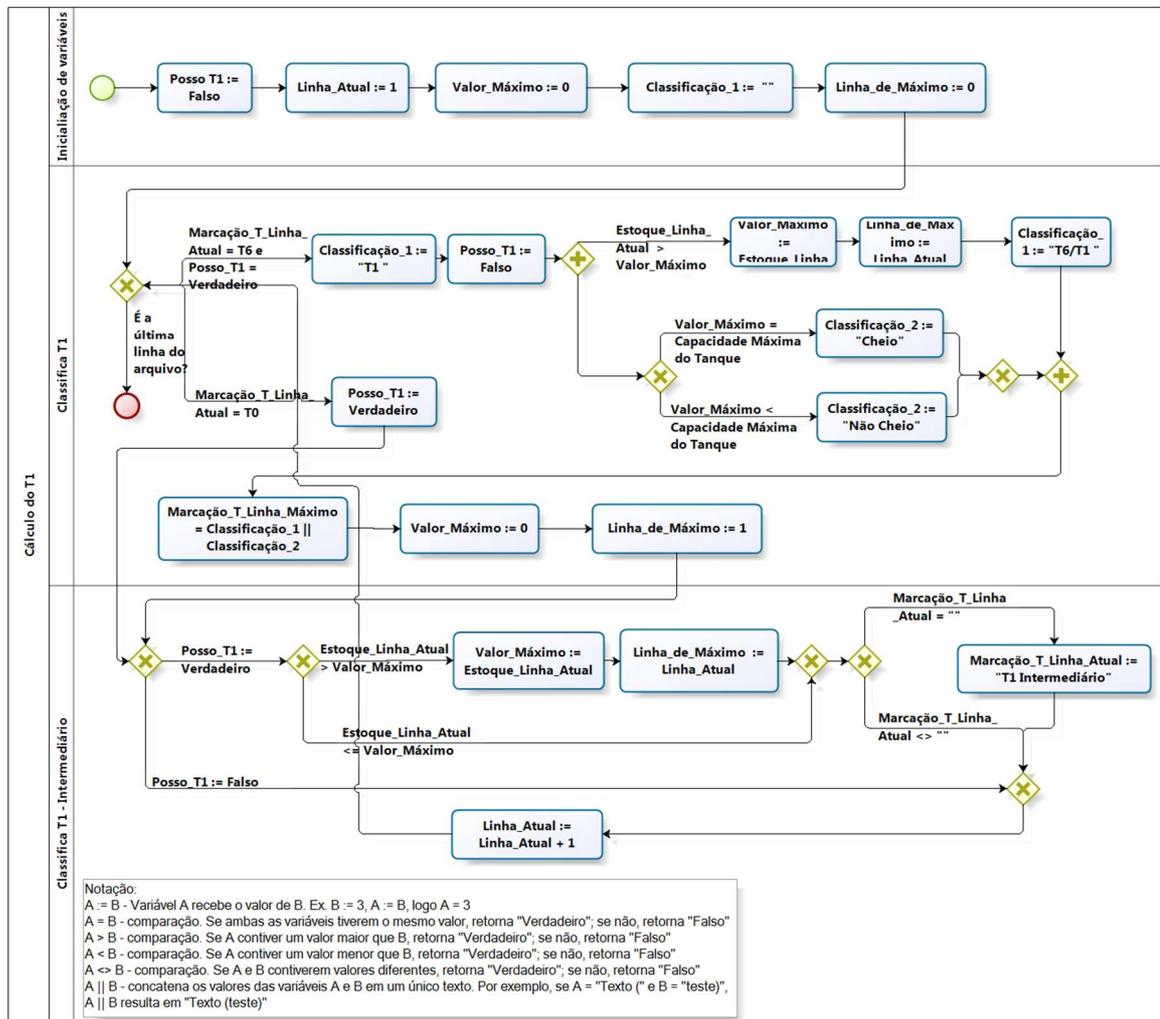
Figura 29 - Algoritmo de Cálculo do T0 e T6 - Parte 2



Fonte: elaborado pelo autor

11.3 CÁLCULO DO T1

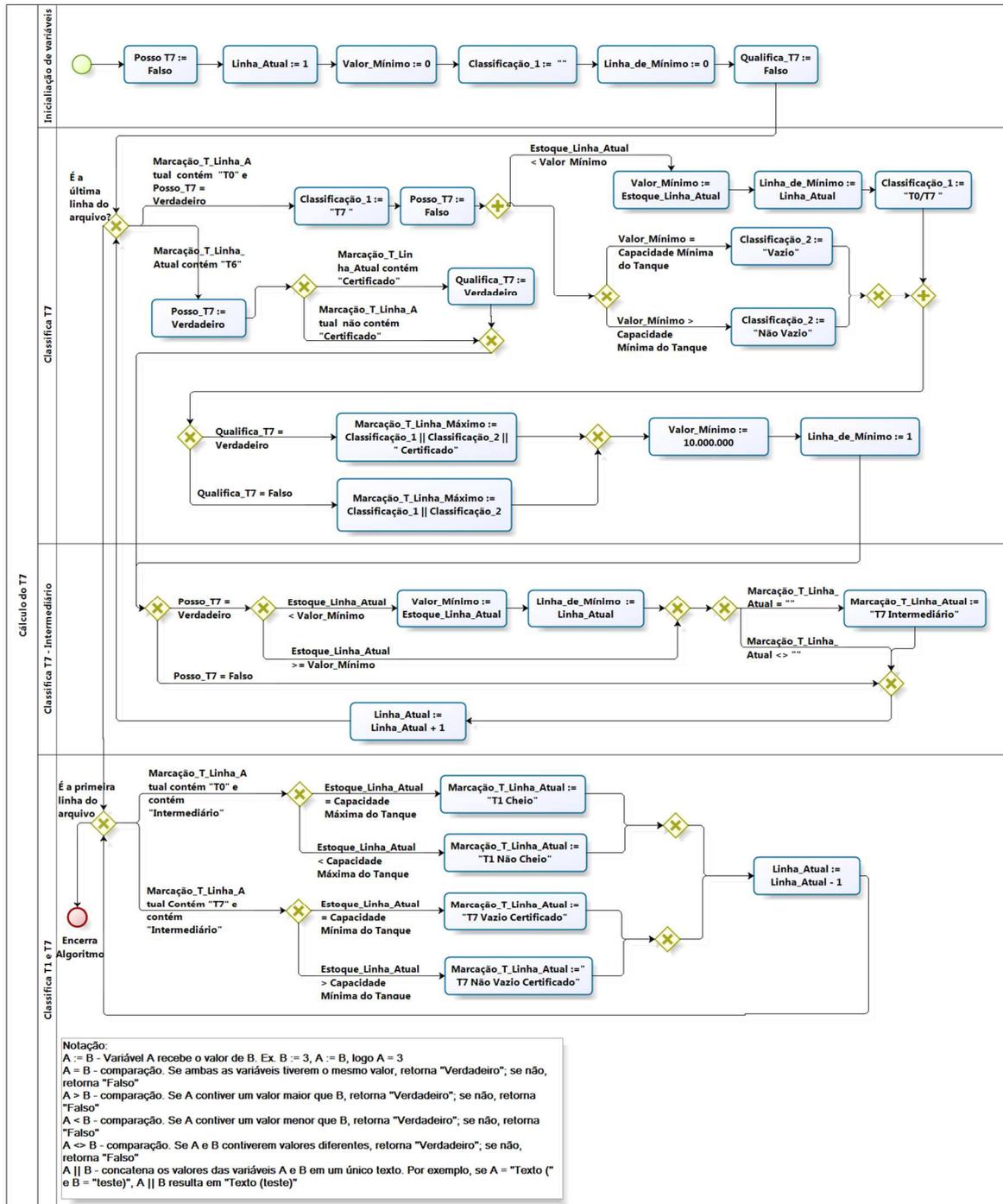
Figura 30 - Algoritmo de cálculo do T1



Fonte: elaborado pelo autor

11.4 CÁLCULO DO T7

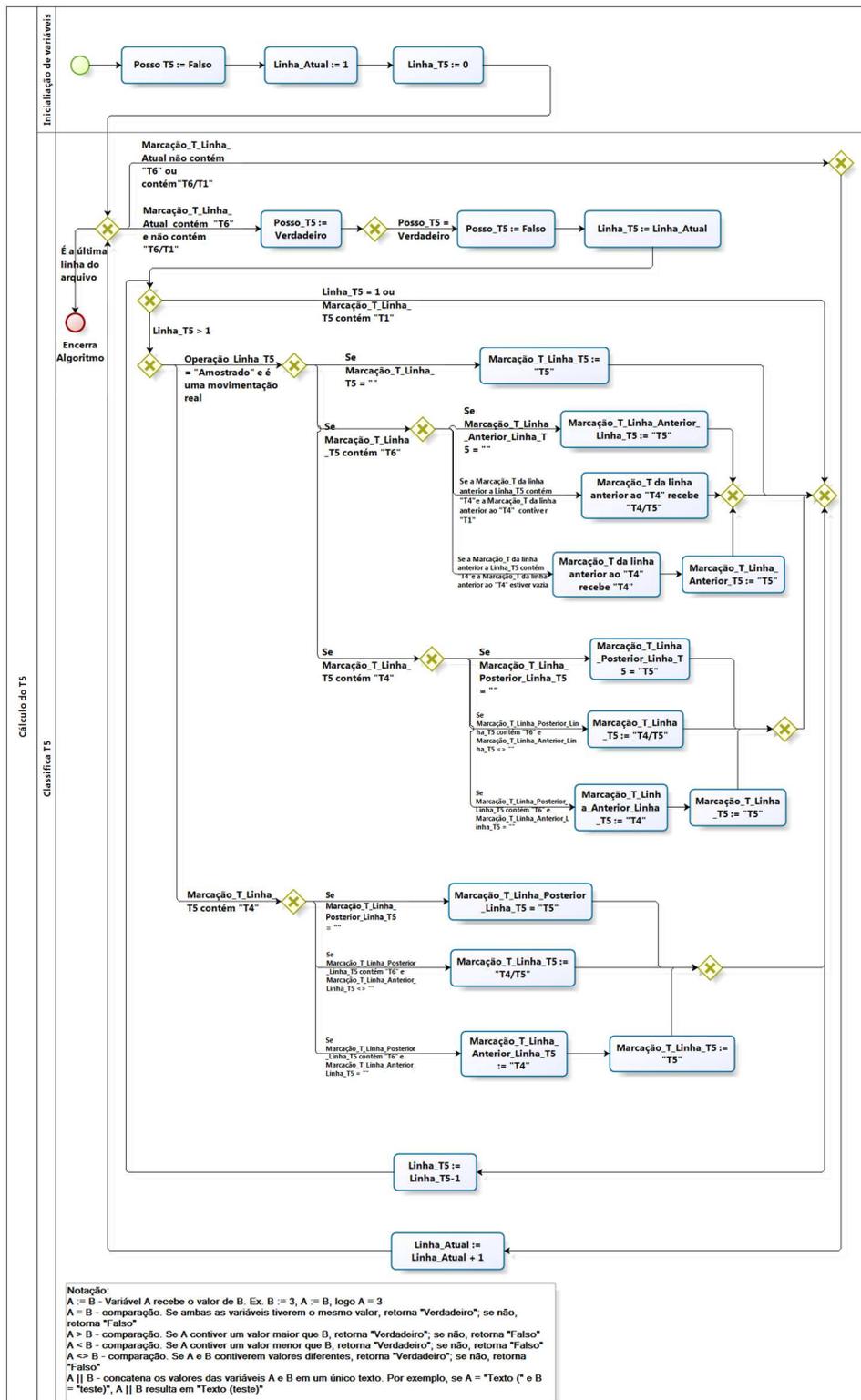
Figura 31 - Algoritmo do cálculo do T7



Fonte: elaborado pelo autor

11.6 CÁLCULO DO T5

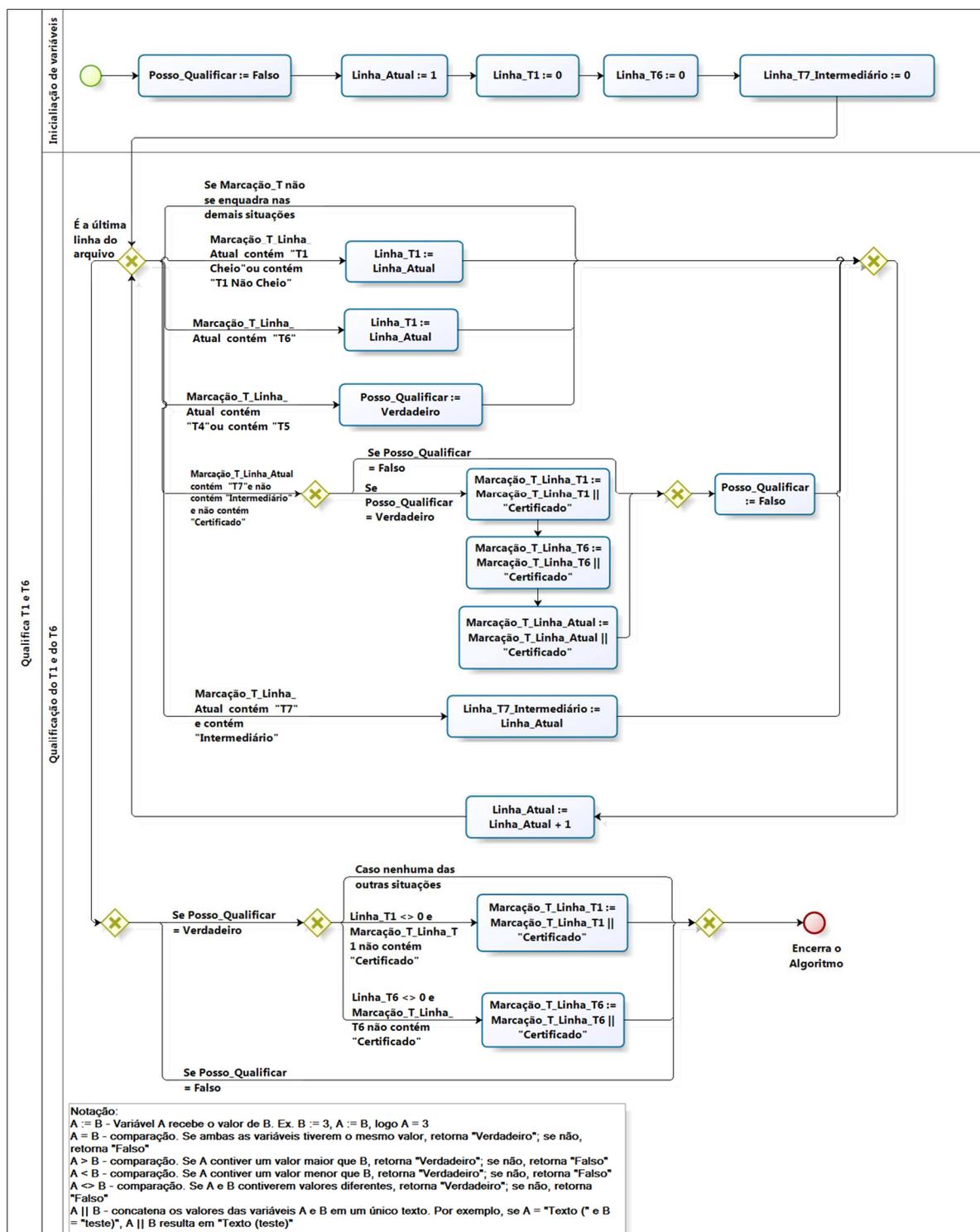
Figura 33 - Algoritmo para Cálculo do T5



Fonte: elaborado pelo autor

11.7 ALGORITMO DE QUALIFICAÇÃO DO T1 E DO T6

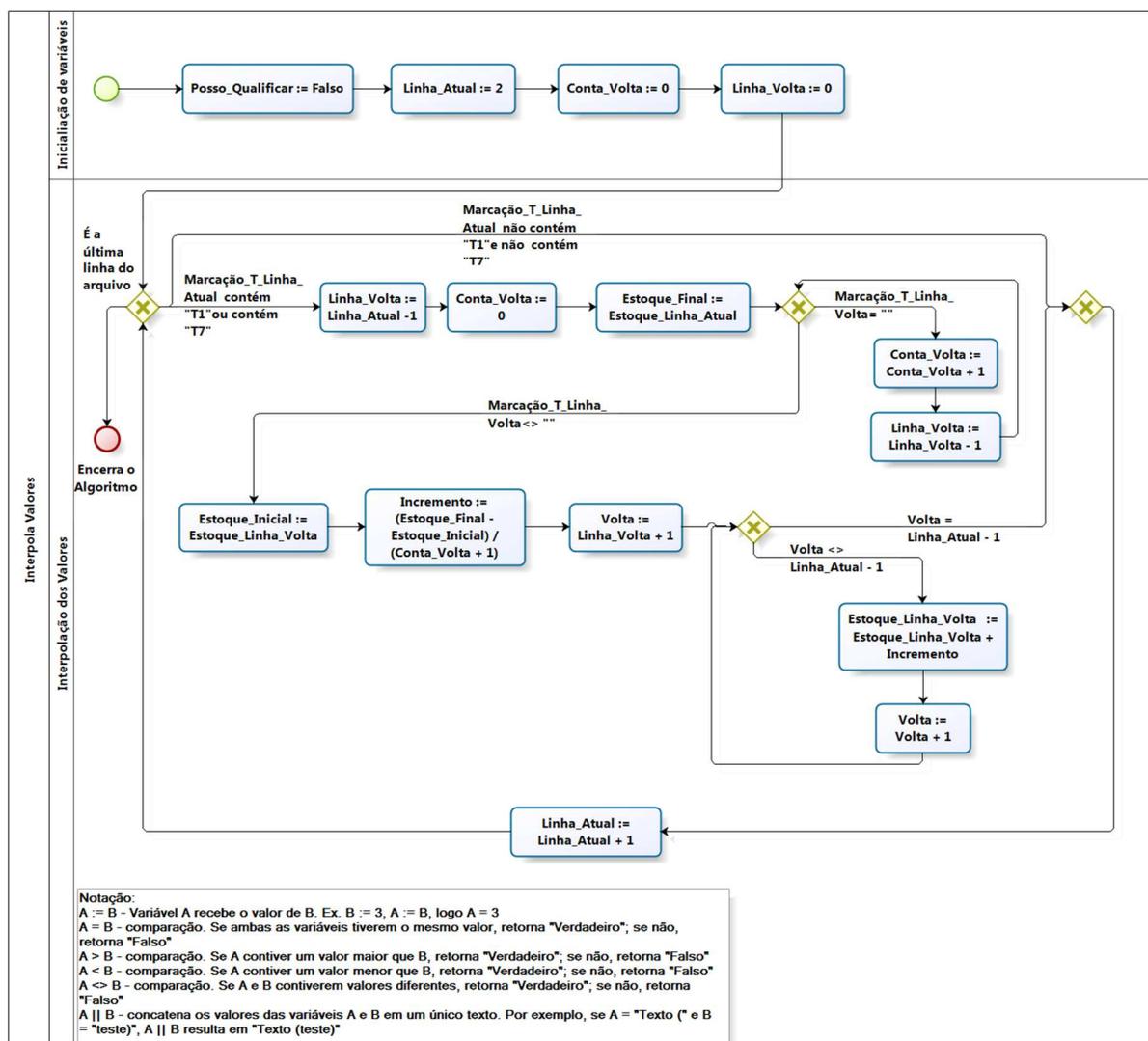
Figura 34 - Algoritmo para qualificação do T1 e do T6



Fonte: elaborado pelo autor

11.8 ALGORITMO DE INTERPOLAÇÃO DE VALORES

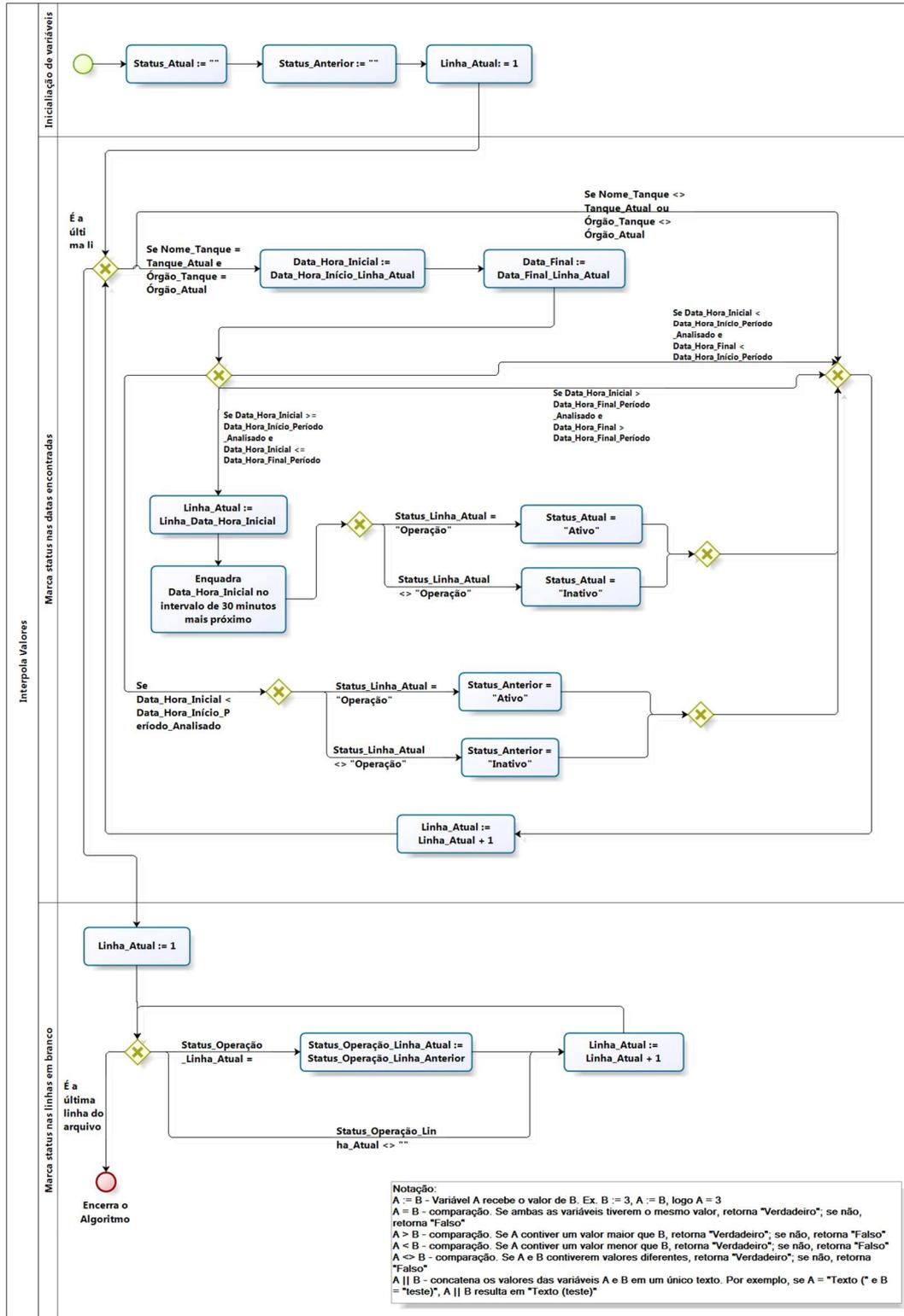
Figura 35 - Algoritmo de interpolação de valores



Fonte: elaborado pelo autor.

11.9 ALGORITMO DE ANÁLISE DE STATUS DE OPERAÇÃO – PARTE 1

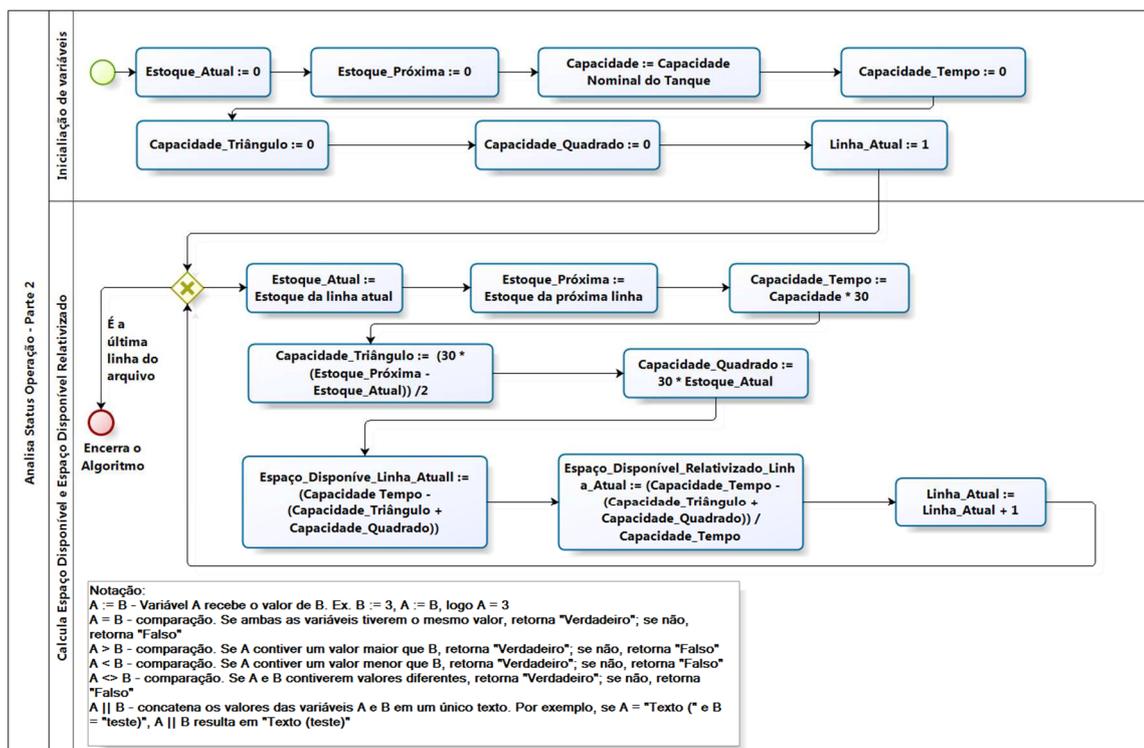
Figura 36 - Algoritmo de análise de status de operação - parte 1



Fonte: elaborado pelo autor.

11.10 ALGORITMO DE ANÁLISE DE STATUS DE OPERAÇÃO – PARTE 2

Figura 37 - Algoritmo de análise de status de operação - Parte 2



Fonte: elaborado pelo autor.

12 APÊNDICE E – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS

12.1 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CENÁRIO 1

Quadro 52 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 1

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Erro Padrão
VLTempoEnchimentoT1T0	371	2198,5485	61,25467	1179,84822	1392041,814	,416	,127	,681	,253
VLTempoRepousoT4T1	371	440,6706	19,42834	374,21629	140037,835	1,114	,127	1,843	,253
VLTempoCertificacaoT5T4	371	583,1294	31,57694	608,21478	369925,218	1,916	,127	6,023	,253
VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	371	597,1317	31,90891	614,60892	377744,122	1,181	,127	1,008	,253
VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	371	684,4055	48,75312	939,05138	881817,496	2,068	,127	4,785	,253
VLTempoEsvaziamentoT7T6	371	2052,0285	54,21199	1044,19668	1090346,698	,162	,127	-,541	,253
VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	371	2278,7940	91,07629	1754,25318	3077404,223	1,069	,127	,926	,253
VLTempoTanqueParadoT8T7	371	298,1775	24,46088	471,14976	221982,094	2,742	,127	9,288	,253
VLTempoPermanenciaT7T1	371	6854,0916	100,66668	1938,97722	3759632,642	-,582	,127	,599	,253
EspacoDisponivelUtilTotal	371	281732218,2348	15905343,05012	306358542,93301	93855556828038000,000	1,415	,127	1,158	,253
EspacoDisponivelUtilSemPerda	371	212824860,0092	12464235,62289	240078133,00036	57637509944939300,000	1,645	,127	1,980	,253
EspacoUtilizadoTotal	371	277294413,4695	15011776,64252	289147238,41830	83606125484931100,000	1,053	,127	,074	,253
EspacoUtilizadoSemPerda	371	138501089,3449	8504204,49940	163802546,79403	26831274336209300,000	1,814	,127	3,206	,253
QtdRemontagens	371	,6631	,05309	1,02256	1,046	2,039	,127	4,889	,253
QtdT0Vazio	371	2,7817	,13456	2,59173	6,717	,694	,127	-,282	,253
QtdT0NaoVazio	371	,6119	,05093	,98105	,962	2,205	,127	6,333	,253
QtdT1CheioCertificado	371	1,8005	,10289	1,98184	3,928	1,322	,127	2,076	,253
QtdT1NaoCheioCertificado	371	1,6038	,10819	2,08389	4,343	1,306	,127	,942	,253
GiroVolumetrico	371	,6284	,02076	,39989	,160	,619	,127	,304	,253
VLVolumeEnchidoPeriodo	371	4648,7088	228,75786	4406,18752	19414488,460	1,139	,127	-,036	,253
VLVolumeEsvaziadoPeriodo	371	4625,4281	225,46363	4342,73630	18859358,529	1,094	,127	-,198	,253
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	2,2602	,25070	4,82879	23,317	5,938	,127	45,897	,253

Fonte: elaborado pelo o autor

12.2 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CENÁRIO 2

Quadro 53 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 2

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Erro Padrão
CQTempoEnchimentoT1T0	371	5040,2628	128,94864	2483,72613	6168895,506	,596	,127	,098	,253
CQTempoRepousoT4T1	371	440,6706	19,42834	374,21629	140037,835	1,114	,127	1,843	,253
CQTempoCertificacaoT5T4	371	583,1294	31,57694	608,21478	369925,218	1,916	,127	6,023	,253
CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	371	597,1317	31,90891	614,60892	377744,122	1,181	,127	1,008	,253
CQTempoEsvaziamentoT7T6	371	1198,9729	51,20307	986,24081	972670,938	,770	,127	,133	,253
CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	371	1119,0239	64,77300	1247,61609	1556545,898	2,667	,127	11,146	,253
CQTempoTanqueParadoT8T7	371	153,5058	19,72448	379,92034	144339,468	4,501	,127	25,181	,253
CQTempoPermanenciaT7T1	371	8013,6731	94,94773	1828,82253	3344591,853	-1,399	,127	3,363	,253
EspacoDisponivelUtilTotal	371	281732218,2348	15905343,05012	306358542,93301	93855556828038000,000	1,415	,127	1,158	,253
EspacoDisponivelUtilSemPerda	371	212824860,0092	12464235,62289	240078133,00036	57637509944939300,000	1,645	,127	1,980	,253
EspacoUtilizadoTotal	371	277294413,4695	15011776,64252	289147238,41830	83606125484931100,000	1,053	,127	,074	,253
EspacoUtilizadoSemPerda	371	138501089,3449	8504204,49940	163802546,79403	26831274336209300,000	1,814	,127	3,206	,253
QtdRemontagens	371	,6631	,05309	1,02256	1,046	2,039	,127	4,889	,253
QtdT0Vazio	371	2,7817	,13456	2,59173	6,717	,694	,127	-,282	,253
QtdT0NaoVazio	371	,6119	,05093	,98105	,962	2,205	,127	6,333	,253
QtdT1CheioCertificado	371	1,8005	,10289	1,98184	3,928	1,322	,127	2,076	,253
QtdT1NaoCheioCertificado	371	1,6038	,10819	2,08389	4,343	1,306	,127	,942	,253
GiroQualidade	371	,4197	,01825	,35145	,124	,430	,127	-,146	,253
CQVolumeEnchidoPeriodo	371	3528,6956	202,29007	3896,38196	15181792,395	1,365	,127	,840	,253
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	371	3510,7070	200,46317	3861,19331	14908813,811	1,372	,127	,807	,253
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	,6384	,05538	1,06669	1,138	4,958	,127	34,913	,253

Fonte: elaborado pelo o autor

12.3 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CENÁRIO 3

Quadro 54 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 3

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
	Estadística	Estadística	Erro Padrão	Estadística	Estadística	Estadística	Erro Padrão	Estadística	Erro Padrão
PercCQTempoEnchimento	371	,5066	,01258	,24231	,059	,636	,127	,099	,253
PercCQTempoRepouso	371	,0440	,00192	,03705	,001	1,074	,127	1,673	,253
PercCQTempoCertificacao	371	,0589	,00316	,06081	,004	1,865	,127	5,700	,253
PercCQTempoProdutoCertificadoParado	371	,0597	,00318	,06116	,004	1,170	,127	,960	,253
PercCQTempoEsvaziamento	371	,1201	,00505	,09731	,009	,763	,127	,151	,253
PercCQTempoTanqueNivelBaixo	371	,1154	,00665	,12816	,016	2,564	,127	9,984	,253
PercCQTempoTanqueParado	371	,0167	,00210	,04036	,002	4,068	,127	19,965	,253
PercCQTempoPermanencia	371	,8060	,00814	,15683	,025	-,780	,127	1,278	,253
PercEspacoDisponivelUtilTotal	371	,4783	,00711	,13694	,019	,326	,127	-,420	,253
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	371	,5330	,00709	,13650	,019	-,108	,127	-,431	,253
PercEspacoUtilizadoTotal	371	,4466	,00666	,12822	,016	,341	,127	,127	,253
PercEspacoUtilizadoSemPerda	371	,3525	,00670	,12901	,017	,332	,127	,409	,253
QtdRemontagens	371	,6631	,05309	1,02256	1,046	2,039	,127	4,889	,253
QtdT0Vazio	371	2,7817	,13456	2,59173	6,717	,694	,127	-,282	,253
QtdT0NaoVazio	371	,6119	,05093	,98105	,962	2,205	,127	6,333	,253
QtdT1CheioCertificado	371	1,8005	,10289	1,98184	3,928	1,322	,127	2,076	,253
QtdT1NaoCheioCertificado	371	1,6038	,10819	2,08389	4,343	1,306	,127	,942	,253
GiroQualidade	371	,4197	,01825	,35145	,124	,430	,127	-,146	,253
CQVazaoEnchimento	371	1,5211	,10528	2,02779	4,112	3,994	,127	34,926	,253
CQVazaoEsvaziamento	371	1,8996	,13303	2,56230	6,565	6,161	,127	62,035	,253
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	,6384	,05538	1,06669	1,138	4,958	,127	34,913	,253

Fonte: elaborado pelo autor

12.4 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CENÁRIO 4

Quadro 55 - Estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 4

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Erro Padrão
PercVLTempoEnchimento	371	,2212	,00603	,11615	,013	,423	,127	,715	,253
PercVLTempoRepouso	371	,0440	,00192	,03703	,001	1,072	,127	1,669	,253
PercVLTempoCertificacao	371	,0589	,00316	,06081	,004	1,865	,127	5,701	,253
PercVLTempoProdutoCertificadoParado	371	,0597	,00318	,06116	,004	1,170	,127	,960	,253
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	371	,0705	,00496	,09545	,009	1,961	,127	4,136	,253
PercVLTempoEsvaziamento	371	,2051	,00528	,10162	,010	,207	,127	-,519	,253
PercVLTempoTanqueNivelBaixo	371	,2310	,00906	,17448	,030	1,041	,127	,859	,253
PercVLTempoTanqueParado	371	,0310	,00252	,04848	,002	2,589	,127	8,007	,253
PercVLTempoPermanencia	371	,6904	,00915	,17624	,031	-,236	,127	-,158	,253
PercEspacoDisponivelUtilTotal	371	,4783	,00711	,13694	,019	,326	,127	-,420	,253
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	371	,5330	,00709	,13650	,019	-,108	,127	-,431	,253
PercEspacoUtilizadoTotal	371	,4466	,00666	,12822	,016	,341	,127	,127	,253
PercEspacoUtilizadoSemPerda	371	,3525	,00670	,12901	,017	,332	,127	,409	,253
QtdRemontagens	371	,6631	,05309	1,02256	1,046	2,039	,127	4,889	,253
QtdT0Vazio	371	2,7817	,13456	2,59173	6,717	,694	,127	-,282	,253
QtdT0NaoVazio	371	,6119	,05093	,98105	,962	2,205	,127	6,333	,253
QtdT1CheioCertificado	371	1,8005	,10289	1,98184	3,928	1,322	,127	2,076	,253
QtdT1NaoCheioCertificado	371	1,6038	,10819	2,08389	4,343	1,306	,127	,942	,253
GiroVolumetrico	371	,6284	,02076	,39989	,160	,619	,127	,304	,253
VLVazaoEnchimento	371	2,6757	,16868	3,24904	10,556	5,644	,127	57,849	,253
VLVazaoEsvaziamento	371	2,5058	,14280	2,75051	7,565	5,816	,127	61,128	,253
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	2,2602	,25070	4,82879	23,317	5,938	,127	45,897	,253

Fonte: elaborado pelo autor

12.5 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO CENÁRIO 5

Abaixo são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis do Cenário 5. Como o Cenário 5 engloba todas as variáveis dos demais cenários, o Quadro 56 consolida as informações das estatísticas descritivas dos demais cenários.

Quadro 56 - Estatísticas descritivas do Cenário 5 (todas as variáveis)

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Erro Padrão
CQTempoEnchimentoT1T0	371	5040,2628	128,94864	2483,72613	6168895,506	,596	,127	,098	,253
CQTempoRepousoT4T1	371	440,6706	19,42834	374,21629	140037,835	1,114	,127	1,843	,253
CQTempoCertificacaoT5T4	371	583,1294	31,57694	608,21478	369925,218	1,916	,127	6,023	,253
CQTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	371	597,1317	31,90891	614,60892	377744,122	1,181	,127	1,008	,253
CQTempoEsvaziamentoT7T6	371	1198,9729	51,20307	986,24081	972670,938	,770	,127	,133	,253
CQTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	371	1119,0239	64,77300	1247,61609	1556545,898	2,667	,127	11,146	,253
CQTempoTanqueParadoT8T7	371	153,5058	19,72448	379,92034	144339,468	4,501	,127	25,181	,253
CQTempoPermanenciaT7T1	371	8013,6731	94,94773	1828,82253	3344591,853	-1,399	,127	3,363	,253
VLTempoEnchimentoT1T0	371	2198,5485	61,25467	1179,84822	1392041,814	,416	,127	,681	,253
VLTempoRepousoT4T1	371	440,6706	19,42834	374,21629	140037,835	1,114	,127	1,843	,253
VLTempoCertificacaoT5T4	371	583,1294	31,57694	608,21478	369925,218	1,916	,127	6,023	,253
VLTempoProdutoCertificadoParadoT6T5	371	597,1317	31,90891	614,60892	377744,122	1,181	,127	1,008	,253
VLTempoParadoProdutoNaoCertificado	371	684,4055	48,75312	939,05138	881817,496	2,068	,127	4,785	,253
VLTempoEsvaziamentoT7T6	371	2052,0285	54,21199	1044,19668	1090346,698	,162	,127	-,541	,253
VLTempoTanqueParadoNivelBaixoT8T7	371	2278,7940	91,07629	1754,25318	3077404,223	1,069	,127	,926	,253
VLTempoTanqueParadoT8T7	371	298,1775	24,46088	471,14976	221982,094	2,742	,127	9,288	,253
VLTempoPermanenciaT7T1	371	6854,0916	100,66668	1938,97722	3759632,642	-,582	,127	,599	,253
PercCQTempoEnchimento	371	,5066	,01258	,24231	,059	,636	,127	,099	,253
PercCQTempoRepouso	371	,0440	,00192	,03705	,001	1,074	,127	1,673	,253
PercCQTempoCertificacao	371	,0589	,00316	,06081	,004	1,865	,127	5,700	,253
PercCQTempoProdutoCertificadoParado	371	,0597	,00318	,06116	,004	1,170	,127	,960	,253
PercCQTempoEsvaziamento	371	,1201	,00505	,09731	,009	,763	,127	,151	,253
PercCQTempoTanqueNivelBaixo	371	,1154	,00665	,12816	,016	2,564	,127	9,984	,253

PercCQTempoTanqueParado	371	,0167	,00210	,04036	,002	4,068	,127	19,965	,253
PercCQTempoPermanencia	371	,8060	,00814	,15683	,025	-,780	,127	1,278	,253
PercVLTempoEnchimento	371	,2212	,00603	,11615	,013	,423	,127	,715	,253
PercVLTempoRepouso	371	,0440	,00192	,03703	,001	1,072	,127	1,669	,253
PercVLTempoCertificacao	371	,0589	,00316	,06081	,004	1,865	,127	5,701	,253
PercVLTempoProdutoCertificadoParado	371	,0597	,00318	,06116	,004	1,170	,127	,960	,253
PercVLTempoParadoProdutoNaoCertificado	371	,0705	,00496	,09545	,009	1,961	,127	4,136	,253
PercVLTempoEsvaziamento	371	,2051	,00528	,10162	,010	,207	,127	-,519	,253
PercVLTempoTanqueNivelBaixo	371	,2310	,00906	,17448	,030	1,041	,127	,859	,253
PercVLTempoTanqueParado	371	,0310	,00252	,04848	,002	2,589	,127	8,007	,253
PercVLTempoPermanencia	371	,6904	,00915	,17624	,031	-,236	,127	-,158	,253
EspacoDisponivelUtilTotal	371	281732218,2348	15905343,05012	306358542,93301	93855556828038000,000	1,415	,127	1,158	,253
EspacoDisponivelUtilSemPerda	371	212824860,0092	12464235,62289	240078133,00036	57637509944939300,000	1,645	,127	1,980	,253
PercEspacoDisponivelUtilTotal	371	,4783	,00711	,13694	,019	,326	,127	-,420	,253
PercEspacoDisponivelUtilSemPerda	371	,5330	,00709	,13650	,019	-,108	,127	-,431	,253
EspacoUtilizadoTotal	371	277294413,4695	15011776,64252	289147238,41830	83606125484931100,000	1,053	,127	,074	,253
EspacoUtilizadoSemPerda	371	138501089,3449	8504204,49940	163802546,79403	26831274336209300,000	1,814	,127	3,206	,253
PercEspacoUtilizadoTotal	371	,4466	,00666	,12822	,016	,341	,127	,127	,253
PercEspacoUtilizadoSemPerda	371	,3525	,00670	,12901	,017	,332	,127	,409	,253
QtdRemontagens	371	,6631	,05309	1,02256	1,046	2,039	,127	4,889	,253
QtdT0Vazio	371	2,7817	,13456	2,59173	6,717	,694	,127	-,282	,253
QtdT0NaoVazio	371	,6119	,05093	,98105	,962	2,205	,127	6,333	,253
QtdT1CheioCertificado	371	1,8005	,10289	1,98184	3,928	1,322	,127	2,076	,253
QtdT1NaoCheioCertificado	371	1,6038	,10819	2,08389	4,343	1,306	,127	,942	,253
GiroVolumetrico	371	,6284	,02076	,39989	,160	,619	,127	,304	,253
GiroQualidade	371	,4197	,01825	,35145	,124	,430	,127	-,146	,253
CQVazaoEnchimento	371	1,5211	,10528	2,02779	4,112	3,994	,127	34,926	,253
CQVolumeEnchidoPeriodo	371	3528,6956	202,29007	3896,38196	15181792,395	1,365	,127	,840	,253
CQVazaoEsvaziamento	371	1,8996	,13303	2,56230	6,565	6,161	,127	62,035	,253
CQVolumeEsvaziadoPeriodo	371	3510,7070	200,46317	3861,19331	14908813,811	1,372	,127	,807	,253
VLVazaoEnchimento	371	2,6757	,16868	3,24904	10,556	5,644	,127	57,849	,253
VLVolumeEnchidoPeriodo	371	4648,7088	228,75786	4406,18752	19414488,460	1,139	,127	-,036	,253

VLVazaoEsvaziamento	371	2,5058	,14280	2,75051	7,565	5,816	,127	61,128	,253
VLVolumeEsvaziadoPeriodo	371	4625,4281	225,46363	4342,73630	18859358,529	1,094	,127	-,198	,253
CQRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	,6384	,05538	1,06669	1,138	4,958	,127	34,913	,253
VLRelacaoTempoEsvaziamentoTempoEnchimento	371	2,2602	,25070	4,82879	23,317	5,938	,127	45,897	,253

Fonte: elaborado pelo autor.

12.6 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL PSTRESS

Quadro 57- Estatísticas descritivas dos valores reais e dos valores estimados da variável PStress

	N	Média		Desvio Padrão	Variância	Assimetria		Curtose	
		Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística	Estatística	Estatística	Erro Padrão	Estatística
Valores Reais	371	23,1654	1,03881	20,00883	400,353	,367	,127	-,979	,253
Valores Estimados no Cenário 1	371	23,1552	,98436	18,96018	359,488	,484	,127	-,757	,253
Valores Estimados no Cenário 2	371	23,6532	,83156	16,01693	256,542	,668	,127	-,515	,253
Valores Estimados no Cenário 3	371	23,4417	,83589	16,10030	259,220	,383	,127	-,058	,253
Valores Estimados no Cenário 4	371	23,1052	,95360	18,36755	337,367	,299	,127	-,903	,253
Valores Estimados no Cenário 5	371	23,0271	,99919	19,24567	370,396	,431	,127	-,991	,253

Fonte: elaborado pelo autor.