

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NÍVEL MESTRADO**

RAQUEL NAZÁRIO DA ROSA PRADO

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) NA ETAPA DE ALVENARIA EM CONDOMÍNIO
VERTICAL: Estudo de Caso**

São Leopoldo

2021

RAQUELNAZÁRIO DA ROSA PRADO

**PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) NA ETAPA DE ALVENARIA EM CONDOMÍNIO
VERTICAL: Estudo de Caso**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gerenciamento de Resíduos, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador(a): Prof(a). Dra. Feliciane Andrade Brehm

São Leopoldo

2021

P896p Prado, Raquel Nazário da Rosa.
Produção mais limpa (P+L) na etapa de alvenaria em
condomínio vertical : estudo de caso / Raquel Nazário da
Rosa Prado. – 2021.
119 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Civil, 2021.
“Orientador(a): Prof(a). Dra. Feliciane Andrade
Brehm”.

1. Construção civil. 2. Reaproveitamento (Sobras,
refugos, etc.). 3. Eliminação de resíduos. I. Título.

CDU 624

RAQUELNAZÁRIO DA ROSA PRADO

**APLICAÇÃO DO PROGRAMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L) NA ETAPA DE
ALVENARIA EM CONDOMÍNIO VERTICAL: Estudo de Caso**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gerenciamento de Resíduos, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 08 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dra. Andrea Parisi Kern - UNISINOS

Prof. Dr. Carlo Alberto Mendes Moraes - UNISINOS

Prof. Dr. Ênio Leandro Machado - UNISC

Dedico ao meu Pai Celestial por tantas bênçãos
derramadas na minha vida, ao Christian de Escobar
Prado, meu amor, amigo e parceiro que deu todo o
suporte para eu alcançar este objetivo e à minha mãe,
que mesmo com seu jeitinho introvertido vibra pelas
minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.a. Dra. Feliciane Andrade Brehm que foi além de professora e orientadora, foi uma amiga em todos os momentos. Obrigada pela confiança, compreensão, dedicação, tempo e esforço aplicado neste trabalho e principalmente por acreditar em mim.

Ao Prof. Dr. Carlo Alberto Mendes Moraes, à Prof(a). Dra. Andrea Parisi Kern e ao Prof. Dr. Ênio Leandro Machado, pela disponibilidade em avaliar e contribuir para a melhoria desta pesquisa.

À Construtora Construfase, em especial ao Eng. Jackson F. Araujo que gentilmente ceder informações e abriu suas portas para me receber.

Ao engenheiro Cesar Augusto Madeira Trevisol e aos estagiários Lucas e Maurício pela grande contribuição na coleta de informações, empenho e solicitude.

Aos professores e colaboradores do PPGEC-UNISINOS pelo ensino fornecido e pela competência demonstrada.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para essa conquista.

RESUMO

A indústria da construção civil é um dos setores responsáveis pelo grande consumo de matérias-primas naturais, também é um dos maiores geradores de resíduos sólidos. Diante disso, a P+L surge como uma ferramenta de gestão com foco na redução de geração de resíduos e possibilita mitigar os impactos ambientais presente tanto no setor da construção como em outros setores.

Em face do exposto, este trabalho explorou a aplicação das ferramentas do Programa de Produção mais Limpa em um condomínio residencial vertical executado em alvenaria estrutural, no processo de execução da alvenaria. O método utilizado foi o estudo de caso. Para tanto, foram analisados os processos existentes, através de uma descrição detalhada e identificadas as atividades consumidoras de matéria prima bem como as atividades geradoras de resíduos, durante o processo produtivo. Posteriormente foram propostas melhorias nos processos baseadas na hierarquia de prioridades da P+L, a fim de mitigar os resíduos gerados.

O presente trabalho identificou que a execução da alvenaria estrutural consome $3,3\text{kWh/m}^2$ de energia elétrica e $0,02\text{ m}^3/\text{m}^2$ de água potável, sendo que $0,009\text{m}^3/\text{m}^2$ de água se tornam efluentes devido ao processo de lavagem dos materiais e equipamentos. Já o consumo de argamassa foi de $0,0175\text{m}^3/\text{m}^2$ de alvenaria construída, no entanto 18% deste tornou-se resíduos de construção. O consumo do bloco de concreto foi de $13,85\text{uni./m}^2$, contudo 5% destes se tornaram resíduos devido à falta de planejamento para a distribuição deles na laje em execução. Na atividade de grauteamento verificou-se um consumo de $1,33\text{m}^3/\text{m}^2$, sendo que 7,7% desses se tornam resíduos devido à ineficiência das vedações das janelas de inspeção. Em vista disso, foram sugeridas 5 oportunidades de melhorias, baseadas na hierarquia de prioridades da P+L, que visam a minimização de resíduos na fonte, sendo 02 oportunidades de nível 01, 02 oportunidades de nível 02 e 01 oportunidade de nível 01 e 02.

Palavras-Chave: Produção mais Limpa. Resíduos da construção. Construção Civil.

ABSTRACT

The civil construction industry is one of the sectors responsible for the large consumption of natural raw materials, it is also one of the largest generators of solid waste. It is estimated that the sector is responsible for about 60% of urban solid waste generated in the world. The raw materials used in the construction processes are mostly non-renewable, which makes the environmental impact more significant.

In light of the above, this work explored the application of the tools of the Cleaner Production Program in a vertical residential condominium built in structural masonry, in the masonry execution process. The method used was the case study. For this purpose, the existing processes were analyzed through a detailed description and identified the raw material consuming activities as well as the waste generating activities during the production process. Subsequently, improvements were proposed in the processes based on the P+L priority hierarchy, in order to mitigate the generated waste.

The present work identified that the execution of the structural masonry consumes 3.3kWh/m² of electricity and 0.02 m³/m² of drinking water, with 0.009m³/m² of water becoming effluent due to the washing process of materials and equipment. The consumption of mortar was 0.0175m³/m² of masonry built, however 18% of this became construction waste. Concrete block consumption was 13.85uni./m², however 5% of these became waste due to the lack of planning for their distribution in the slab under construction. In the grouting activity there was a consumption of 1.33m³/m², with 7.7% of which become waste due to the inefficiency of the inspection window seals. In view of this, 5 improvement opportunities were suggested, based on the P+L priority hierarchy, aimed at minimizing waste at the source, with 02 opportunities at level 01, 02 opportunities at level 02 and 01 opportunity at level 01 and 02.

Keywords: Cleaner Production. Construction waste. Civil Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Blocos de cerâmica (A) e concreto para alvenaria estrutural (B)	23
Figura 2 Família de blocos estruturais	24
Figura 3 - Coordenação Modular.....	25
Figura 4 - Influência de cada etapa da obra na geração de RCD	32
Figura 5 – Hierarquia de prioridades na metodologia P+L.	40
Figura 6 - Custo-benefício da implantação do P+L	42
Figura 7 - Fluxograma para implementação de programas de produção mais limpa	44
Figura 8 – Processos construtivos que geram impactos ambientais.....	49
Figura 9 - Fluxograma do estudo da P+L no setor da construção civil.....	53
Figura 10 – Localização do Empreendimento em estudo	55
Figura 11 – Identificação da torre e do pavimento de estudo.....	56
Figura 12 – Planta humanizada do pavimento em estudo	56
Figura 13 – Fluxograma de processos de execução da alvenaria estrutural	70
Figura 14 - Planta de modulação da primeira fiada.....	73
Figura 15 - Detalhamento da posição dos “blocos-chaves”	73
Figura 16 – Fluxograma do subprocesso de suprimento dos blocos	81
Figura 17 – Fluxograma do subprocesso da produção de argamassa.....	83
Figura 18 - Resíduos da argamassa de assentamento	84
Figura 19 - Fluxograma do subprocesso de produção de graute	85
Figura 20 - Variação de consumo de blocos	91
Figura 21 - Variação de consumo de argamassa	91
Figura 22 - Variação de consumo de graute	92

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Nível marcado nas barras de aço de espera.	72
Fotografia 2 - Alinhamento e nível das paredes.	72
Fotografia 3 - Marcação das linhas limitantes da parede	72
Fotografia 4 - Assentamento de “blocos-chaves” nos encontros entre paredes	73
Fotografia 5 - e janelas de inspeção do graute.	73
Fotografia 6 - Estoque de paletes de blocos de concreto	74
Fotografia 7- Distribuição dos paletes de blocos na laje de trabalho	75
Fotografia 8 - Corte das janelas de inspeção nos blocos	75
Fotografia 9 - Imagens do processo da argamassa	77
Fotografia 10 - Assentamento da alvenaria tipo castelinho	78
Fotografia 11 - Processo de Grauteramento	79
Fotografia 12 – Resíduos de blocos de concreto	82
Fotografia 13 – a) ócio de mão de obra; b) estoque em excesso e c) desperdício de material	84
Fotografia 14 – perdas de graute nas janelas de inspeção	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Alterações da Resolução CONAMA 307/02	35
Quadro 2 - Classificação dos resíduos da Construção Civil.....	36
Quadro 3 - Destinação de Resíduos da Construção Civil	37
Quadro 4 - Normas técnicas brasileiras relacionadas aos resíduos sólidos e RCC..	37
Quadro 5 – Estudo da implementação da metodologia P+L nos processos produtivos de uma indústria de tintas imobiliárias	51
Quadro 6 – Definição de custos e prazos para a implementação das oportunidades de melhorias.....	67
Quadro 7 - Diagnóstico qualitativo no subprocesso de suprimento dos blocos.....	81
Quadro 8 - Diagnóstico qualitativo de processo dos insumos utilizados e resíduos gerados no subprocesso de produção de argamassa.....	83
Quadro 9 – Resumo das oportunidades de melhorias	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de perdas de materiais realizados em estudos anteriores	32
Tabela 2 – Modelo do diagrama de entradas e saídas	58
Tabela 3 - Fator de demanda pela Potência do Equipamento	60
Tabela 4 - Volume de água utilizado em traços e lavagem de equipamentos	62
Tabela 5 – Dados referente aos recortes das janelas de inspeção	64
Tabela 6 - Diagnóstico qualitativo de processo dos insumos utilizados e resíduos gerados no subprocesso de produção de graute	85
Tabela 7 - Consumo de energia elétrica do processo de execução da alvenaria estrutural	87
Tabela 8 - Consumo de água do processo de execução da alvenaria estrutural	88
Tabela 9 - Consumo de insumos do processo de execução da alvenaria estrutural.	89
Tabela 10 – Levantamento de blocos, argamassa e graute de projeto e de execução.	90
Tabela 11- Resíduos gerados no processo de execução da alvenaria estrutural	93

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AC	Antes de Cristo
BNH	Banco Nacional de Habitação
CNTL	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ICC	Indústria da Construção Civil
ISO	International Organization for Standardization
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
P+L	Produção mais Limpa
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de Vinila
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
UNEP	United Nations Environment Programme
UNIDO	United Nation Industrial Development Organization

GLOSSÁRIO

AGREGADO	Nome dado à areia (agregado miúdo ou fino) ou brita (agregado graúdo) utilizada para fabricar o concreto e/ou argamassa
ÁGUA POTÁVEL (H ₂ O)	Ideal para uso na Construção Civil
ALVENARIA	Tipo de estrutura constituída por pedras naturais ou artificiais (tijolo) sobrepostas e ligadas ou não por uma argamassa
ARGAMASSA	Pasta de cimento e agregados finos usada para assentamento de peças e para revestimentos. Pode e deve ser usada cal na sua composição
AMARRAÇÃO	Parte da armadura destinada a transmitir os esforços dessa peça para outra
AREIA	Agregado de diâmetro médio entre 0,063 e 2 mm
ARGAMASSADEIRA	Máquina destinada a fabricar concreto ou argamassa
BICHEIRA	Falha na concretagem em uma peça de concreto armado devido à falta ou deficiência de vibração ou vazamento na fôrma.
BLOCO DE CONCRETO	Elemento de alvenaria, podendo ser classificados como de vedação ou estrutural
BRITA	Agregado de diâmetro médio superior a 2mm
CIMENTO	Pó de cor cinza produzido a partir da moagem do Clínquer, juntamente com gesso. É constituído por calcário, argila e gesso, entre outros aditivos
FIADA	Fileira horizontal de pedras ou de tijolos – de mesma altura – que fazem parte da formação de uma parede.
JANELA DE INSPEÇÃO	Buracos nos blocos onde serão os pilaretes, para verificação do completo preenchimento do graute e assim evitar fragilidade na estrutura.
LAJE	Estrutura bidimensional plana destinada a receber esforços preferencialmente perpendicularmente ao seu plano. É usado como pavimento de pisos ou como Cobertura
NÍVEL	Aparelho utilizado para verificar a horizontalidade de uma superfície
PAVIMENTO	Espaço de uma edificação situado no mesmo nível, são os "andares" da edificação.
PILAR/PILARETE	Elemento de eixo vertical que submetido essencialmente esforços axiais. Em alvenaria estrutural chama-se pilarete.
PRUMO	Aparelho que verifica o paralelismo ou a verticalidade de uma parede, pilar ou coluna.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo Geral	18
1.1.2 Objetivos Específicos	18
1.2 JUSTIFICATIVA	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.1.1 Sistemas construtivos	21
2.1.2 Alvenaria estrutural	22
2.1.3 Etapas construtivas	27
2.2 O CONSUMO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
2.3 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO	30
2.4 LEGISLAÇÃO NACIONAL NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO	33
2.5 PRODUÇÃO MAIS LIMPA	38
2.5.1 Benefícios Decorrentes da Implantação da Produção Mais Limpa	41
2.5.2 Etapas para a Implementação da Produção Mais Limpa (P+L)	43
2.6 PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	48
3 METODOLOGIA	52
3.1 ETAPA 1 – PRÉ AVALIAÇÃO	53
3.1.1 Reunião com gestores	54
3.1.2 Unidade de Análise	54
3.1.3 Visita Técnica e Estratégia de Levantamento de Dados	56
3.2 ETAPA 2: DIAGNÓSTICO	57
3.2.1 Diagnóstico Ambiental e de Processos	58
3.3 ETAPA 3 – BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DOS PROCESSOS	59
3.3.1. Energia Elétrica	59
3.3.2 Água	61
3.3.3 Subprocesso de suprimento dos blocos	63
3.3.4 Subprocesso de produção de argamassas e graute	64
3.4 ETAPA 3: OPORTUNIDADES DE MELHORIAS	66
3.4.1 Identificar as oportunidades de melhorias	67

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
4.1 ETAPA 2 – DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS E AMBIENTAL	68
4.1.1 Processo de execução da alvenaria estrutural	68
4.1.2 Diagnóstico Ambiental e de Processos	80
4.2 ETAPA 3 – BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DOS PROCESSOS	86
4.3 ETAPA 3 - LEVANTAMENTO DE CAUSAS E IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIAS	94
4.4.1. Subprocesso de suprimento de blocos	94
4.4.2 Subprocessos de produção de argamassa e graute	95
4.5 RESUMO DAS OPORTUNIDADES DE P+L.....	98
4.6 ANÁLISE DAS DISCUSSÕES E OPORTUNIDADES.....	99
5 CONCLUSÃO	101
6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	102
REFERÊNCIAS	103
ANEXO A – INSTRUÇÃO TÉCNICA DA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	111
.....	111
ANEXO B – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE PROJETO	112
ANEXO C – TRAÇO DA ARGAMASSA DE MARCAÇÃO E ASSENTAMENTO .	113
ANEXO D – TRAÇO DO GRAUTE	114
ANEXO E – PLANILHA DE CONTROLE DE BLOCOS DE CONCRETO	115
ANEXO F – FISPQ DO BIANCO	117
ANEXO G – FISPQ DO CAL	119

1 INTRODUÇÃO

Resíduos são gerados desde os primórdios da humanidade, contudo a pequena quantidade produzida não representava riscos ao meio ambiente. A Revolução Industrial contribuiu para o aumento da geração de resíduos, que tem provocado impactos graves e crescentes ao meio ambiente.

As consequências do desenvolvimento desenfreado podem ser percebidas, segundo Feitosa *et al.* (2011), no desmatamento, nas alterações climáticas, na poluição das águas e solos, no esgotamento dos recursos naturais etc. Estes fatos vêm lentamente suscitando na sociedade a consciência socioambiental, o que tem provocado “a necessidade de repensar o modelo de produção, a fim de percorrer o tripé da sustentabilidade, tendo como objetivos alcançar princípios que sugerem um ambiente economicamente viável, mais sustentável e socialmente justo.” (SILVEIRA, 2011).

As premissas ligadas a essa nova mentalidade afetam diretamente as indústrias que precisam atender à padrões estabelecidos de controle e de mitigação. Diante disso, é crescente o número de pesquisas para o desenvolvimento de técnicas com foco na minimização dos impactos ao meio ambiente ocasionados pelo alto volume de resíduos sólidos, líquidos e gasosos produzidos pelas indústrias nos processos de transformação de materiais e/ou produtos. (CABRAL E AZEVEDO, 2017). Deste modo, as organizações vêm assumindo o compromisso de desenvolver estratégias previamente ambientais com ações integradas e de aplicações contínuas em todos os processos, resultando em melhor desempenho ambiental e consequentemente econômico. (PIMENTA E GOUVINHAS, 2012).

Um dos programas de gestão ambiental utilizado para reduzir os efeitos nocivos da poluição é a Produção Mais Limpa (P+L). Segundo Alves (2019), a P+L consiste na constante aplicação de estratégias e técnicas que integram processos, produtos e serviços e objetiva aumentar a eficiência no uso de matérias primas para reduzir e, até mesmo, eliminar os desperdícios. Assim sendo, implementar as práticas de P+L promove uma importante redução no uso de matérias-primas, de geração de resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos, e como consequência, aumenta a produtividade trazendo benefícios econômicos para a empresa.

Os processos produtivos da indústria da construção civil são os que causam mais impactos ambientais ao longo da cadeia de produção. (JOHN, 2017) A indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais, utilizando entre 20 a 50% dos recursos minerais. (FERREIRA *et al.*, 2017). Mesquita (2012) afirma que o setor da construção civil também é um dos maiores geradores de resíduos sólidos representando quase 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos e o 'carro chefe' dessa porcentagem são os restos de telhas, blocos e tijolos que contabilizam mais de 30% do total de resíduos produzidos.

Diante deste cenário, é de fundamental importância para o setor da construção civil otimizar a utilização dos materiais. Para tanto, o método da P+L pode ser adotado com o intuito de auxiliar na implementação de ações efetivas voltadas para a redução do impacto ambiental, pois sua aplicação é capaz de se estender por toda a cadeia produtiva, percorrendo desde os fornecedores de insumos até o canteiro de obras. (REIS *et al.*, 2017).

Em face do exposto, este trabalho propõe identificar os principais pontos que acarretam a geração de resíduos sólidos em uma obra de alvenaria estrutural, bem como propor possibilidades de redução de resíduos com base na aplicação da ferramenta da P+L.

1.1 OBJETIVOS

Neste item serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos propostos para este trabalho

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral aplicar o programa de P+L na etapa construtiva da alvenaria em um empreendimento com sistema construtivo em alvenaria estrutural.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Analisar qualitativamente o processo de execução da alvenaria estrutural, bem como os insumos consumidos e os resíduos gerados.

- b) Analisar quantitativamente o processo de execução da alvenaria, compreendendo todos os subprocessos e atividades envolvidas, insumos utilizados e resíduos gerados.
- c) Identificar as etapas geradoras de resíduos bem como identificar os resíduos gerados.
- d) Propor oportunidades de melhorias baseadas na metodologia de P+L.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido ao aumento populacional a construção civil tem desempenhado um importante trabalho na redução do déficit habitacional e na melhoria da infraestrutura urbana. Contudo, os resíduos provocados pelos processos de construção têm alcançado índices preocupantes. Em países desenvolvidos, a massa de resíduos de construção civil (RCC) chegam a 30% da massa total de resíduos sólidos gerados. No Brasil, os RCC's compõem entre 50 e 60% dos resíduos sólidos urbanos, estes são compostos principalmente por resíduos de argamassa e blocos. (BRASILEIRO E MATOS, 2015; ALBREPE, 2019). Em sua maioria, os resíduos são resultantes das etapas de revestimento, alvenaria, concretagem e acabamento. (BARBOSA *et al.*, 2016).

Segundo Mohamed (2020), os elevados índices de geração de RCC's no Brasil ocorrem porque o sistema construtivo predominantemente utilizado pelo setor é o convencional. Este sistema construtivo é executado de forma artesanal e é caracterizado pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício.

Frente a essa preocupação as construtoras e os órgãos responsáveis pela construção civil buscam adotar práticas que contribuem com a redução na geração de resíduos em todo o processo construtivo.

Diante do exposto, surge o programa de Produção Mais Limpa (P+L) que, visa o melhor aproveitamento dos equipamentos e tecnologias a fim de encontrar possibilidades de mudança na fonte dos processos a fim de evitar e/ou reduzir os resíduos. (ALVES, 2019).

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de aplicar o programa de P+L desenvolvido pela UNIDO-CNTL, com vistas à minimização da geração de resíduos na etapa construtiva da alvenaria em um empreendimento com sistema construtivo em alvenaria estrutural.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresenta-se neste capítulo a revisão bibliográfica necessária ao embasamento dos assuntos referentes ao tema desta pesquisa.

2.1 A CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil (ICC) contribui de maneira tangível para o crescimento econômico e social dos países em desenvolvimento, pois suas atividades econômicas englobam tanto as classes sociais, quanto as classes culturais e políticas. (RIGON, 2012) Alguns exemplos que definem essa ampla movimentação socioeconômica, pela qual a ICC é responsável direta ou indiretamente, são: grande capacidade de absorção de mão de obra, comércio de materiais e venda ou locação de propriedades (LARUCCIA, 2015). Por outro lado, esta indústria é considerada um dos setores mais poluentes. (SANTOS et al., 2011).

O aumento do ritmo do desenvolvimento econômico tornou a indústria da construção civil uma vilã quando se trata de meio ambiente e sociedade, pois os seus atuais padrões de consumo e sistemas de produção dependem de práticas tradicionais e tecnologias altamente ineficientes, gerando alto consumo de energia e grande desperdício de materiais, fatos esses que causam consumo excessivo de recursos, emissão de gases de efeito estufa e poluição ambiental. (GOVINDAN, 2018).

Santos et al. (2011) estimam que aproximadamente 50% dos recursos naturais de todo o planeta são extraídos para atender a demanda da cadeia produtiva do setor da construção civil. Lamberts et al. (2012) corroboraram afirmando que a construção civil é um dos maiores consumidores dos recursos naturais, sendo que sua parcela de consumo dos recursos hídricos atinge 16,6%, na extração da madeira alcança 25% e chega aos 40% quando se fala em combustíveis fósseis e materiais manufaturados, além de ter grande responsabilidade sob parte das emissões de CO₂, o principal gás causador do efeito estufa. No entanto, Tessaro (2012) chama a atenção para outro fator que causa bastante preocupação aos órgãos ambientais: a geração de resíduos de construção e demolição (RCD), bem como a disposição final desses resíduos.

Frente aos impactos ao meio ambiente gerados pela construção civil, é notório os desafios que o setor tem de enfrentar para combinar a qualidade da

edificação com a preservação do meio ambiente. Para tanto, o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2019) recomenda mudar os conceitos arquitetônicos convencionais visando projetos que não necessitem de futuras demolições, estudar formas de potencializar o uso de energias, da água e dos materiais, bem como, buscar modelos de construções que possibilitem a reciclagem de materiais e a redução da geração de resíduos.

Portanto, a construção civil pode ser considerada como um setor alvo para o desenvolvimento e incentivo à sustentabilidade, para que todos os setores envolvidos possam alterar seus processos rumo a um foco mais ecológico, de forma a reverter o quadro de degradação ambiental e preservar os recursos naturais para futuros usos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

2.1.1 Sistemas construtivos

Impulsionada pelo crescimento populacional, os avanços tecnológicos e os apelos ambientais, a indústria da construção civil tem buscado sistemas construtivos eficientes com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício e atender a uma demanda crescente. (GOMES; LACERDA, 2014). Segundo Sabatine, sistema construtivo é “um processo construtivo com elevados níveis de industrialização e organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.” Já Martucci e Basso (2002) definem que sistema construtivo é a tecnologia e o método com o qual se executa uma edificação.

A construção civil brasileira utiliza-se majoritariamente de sistemas construtivos convencionais, sendo esta predominantemente artesanal e caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício. (MORAES; FIGUEIREDO, 2020). Porém, o mercado tem sinalizado mudanças nessa situação, adotando sistemas construtivos que carregam o conceito de construção industrializada, o qual é norteado pela pré-fabricação dos seus elementos ou execução “*in loco*”, mas de forma mecanizada e racionalizada, como por exemplo *wood frame*, *light steel frame* e a alvenaria estrutural (MATEUS, 2004), este último tem se tornado um sistema construtivo competitivo no Brasil. (MOHAMED, 2020). Mateus (2004) lembra que existem outros sistemas construtivos os quais têm sido estudados e utilizados principalmente em unidades de habitação de interesse social. Pode-se citar os sistemas de concreto pré-moldado, de parede

de concreto, painéis de policloreto de vinila (PVC) e de container. No entanto ainda é tímida sua aplicação na ICC brasileira. Estes sistemas dispõem de mão obra qualificada, otimização de custo mediante contenção do desperdício de materiais, padronização da produção, racionalização e cronogramas rígidos de planejamento e execução, estes princípios têm contribuído para o progresso da construção civil.

2.1.2 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural consiste em um sistema construtivo cuja resistência está diretamente ligada às unidades de alvenaria argamassadas (constituídas por blocos cerâmicos, blocos de concreto, tijolos cerâmicos maciços ou blocos Sílico-calcáreo). Nesse sistema as funções das paredes vão além da vedação, abrangendo também a função estrutural.

A alvenaria estrutural é um dos sistemas de construção mais antigos que existem. Segundo Mohamed (2015), sua origem data de 5.000 a.C. e era constituído por unidades de blocos de pedras ou cerâmicos intertravados, com ou sem material ligante que formavam um sistema estrutural basicamente por compressão. Suas estruturas precisavam desempenhar a função tanto de vedação quanto estrutural, e devido ao desconhecimento das características de resistência do material e das técnicas de cálculos, o arranjo construtivo era robusto. (GOMES *et al.*, 2018).

A alvenaria estrutural foi um dos métodos construtivos mais utilizados até o início do século XIX. Contudo, sem progressos significativos ao longo do tempo, teve seu declínio marcado pelo advento das estruturas de concreto armado, visto que estas apresentavam menor área útil ocupada e menor custo, comparado às pesadas obras de alvenaria estrutural. Dessa forma, a alvenaria estrutural ficou reservada somente às construções de pequeno porte. (MOHAMED, 2015)

O renascimento da “Alvenaria Estrutural” ocorreu na metade do século XX, como resultado de diversos estudos a fim de aperfeiçoar as normas de cálculo, as quais permitiu determinar a espessura das paredes bem como a resistência dos materiais necessários para obter uma edificação segura, esbelta e de baixo custo. (TAUIL; NESSE, 2010). Desde então, Segundo Costa (2010), “a alvenaria estrutural vem se constituindo num econômico e competitivo sistema racionalizado, versátil e de fácil industrialização.”

Mohamed (2015) define alvenaria estrutural como sendo um sistema construtivo no qual as paredes são formadas pela união entre a unidade básica

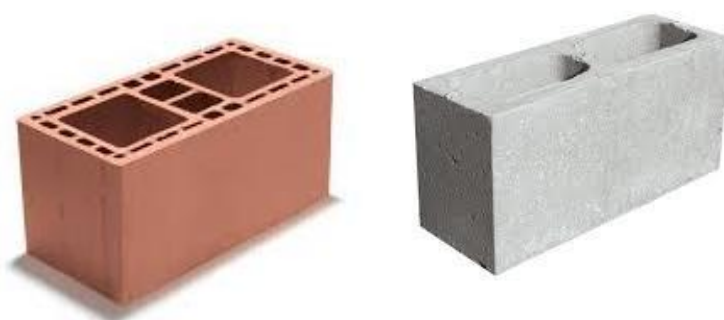
modular (bloco) e a argamassa, formando um conjunto monolítico autoportante, ou seja, com função estrutural. Ritcher (2007) corrobora dizendo que os materiais utilizados para a execução da alvenaria estrutural são: as unidades de alvenaria (blocos de concreto ou cerâmico vazados), a argamassa e o graute. De acordo com Rocha (2013), os blocos de concreto representam 80% a 95% do volume da alvenaria, sendo que os blocos juntamente com a argamassa e o graute são produtos essenciais para a execução da alvenaria e determinantes nas características da parede.

De acordo com a conveniência do projeto, barras de aço ligadas à alvenaria por meio de grauteamento podem ser utilizadas com o intuito de resistir aos esforços de tração e proporcionar maior homogeneidade ao conjunto. (MOHAMED, 2015).

A alvenaria estrutural possui a função de suportar as cargas verticais bem como as ações horizontais e transferi-las para a fundação. Deste modo, não é permitido a quebra dos blocos para ajustes de medidas de projeto durante a execução da edificação, nem mesmo para passagem de fiação ou tubulação (ROSA, 2010). Segundo Mohamed (2015), a quebra dos blocos provoca uma redução de resistência do elemento estrutural e cria um ponto de tensão que pode levar a edificação ao colapso. Dessa forma, para atender essa particularidade da alvenaria estrutural existem diversos tipos e formas de blocos para diferentes aplicações.

Segundo Siqueira *et al.* (2012), na alvenaria estrutural, os blocos são denominados de unidade modular, podem ser de cerâmica ou concreto e são divididos por família (Figura 1 e 2). O mesmo autor ainda revela que durante o processo de fabricação, as unidades modulares são submetidas a um controle rigoroso das dimensões e da resistência, devendo atender aos requisitos de resistência à compressão, estabilidade dimensional, vedação, absorção, trabalhabilidade e modulação.

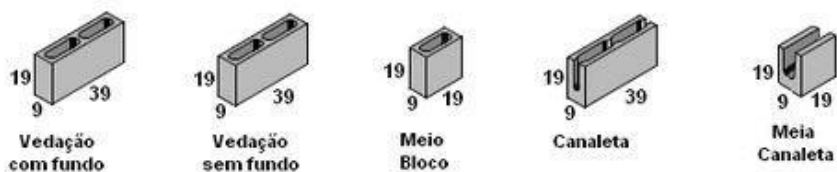
Figura 1 - Blocos de cerâmica (A) e concreto para alvenaria estrutural (B)



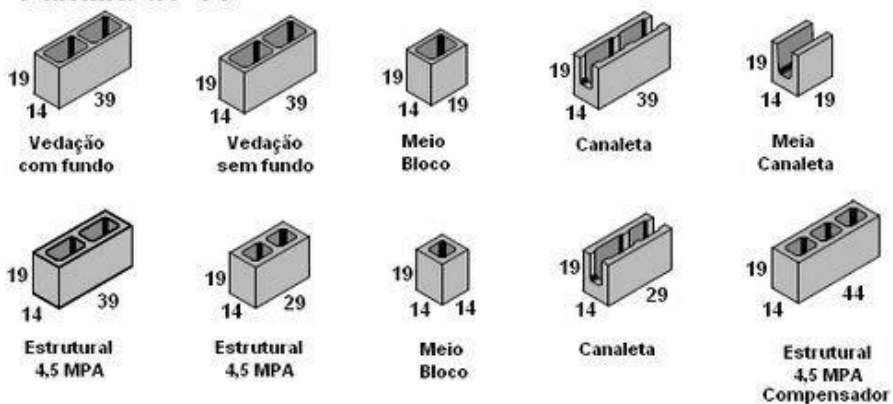
Fonte: Siqueira *et al.*, 2012.

Figura 2 Família de blocos estruturais

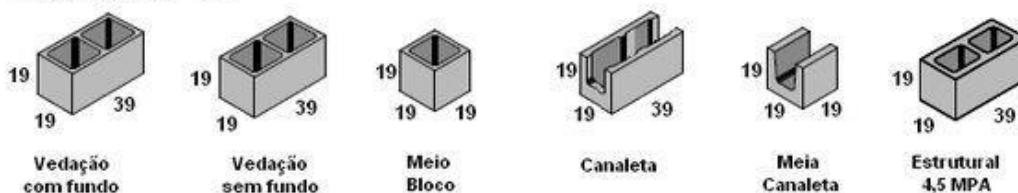
Família de 09



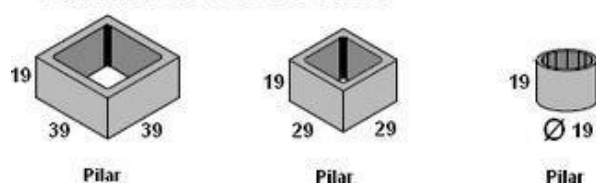
Família de 14



Família de 19



Família de Bloco Pilar



Fonte: Siqueira *et al.*, 2012.

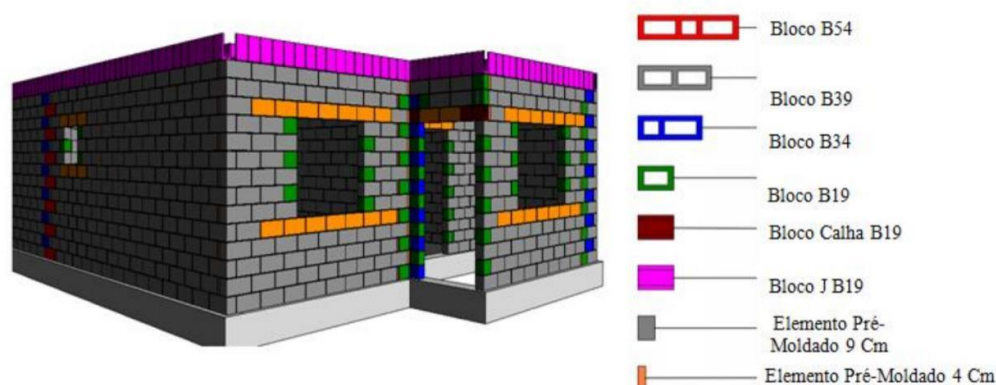
Segundo Ritcher (2007), a argamassa é um adesivo que integra as unidades de alvenaria, portanto, deve ser resistente, durável, resiliente, ter boa trabalhabilidade e impedir a penetração de água. Para a alvenaria estrutural são utilizados 2 tipos de argamassa: argamassa de marcação, que é utilizada na atividade de assentamento de blocos da primeira fiada, e a argamassa de assentamento, que é utilizado na atividade de assentamento de blocos das demais fiadas.

Para o assentamento da alvenaria de marcação, utiliza-se uma argamassa diferente da argamassa de assentamento das demais fiadas. Pois, essa argamassa deve, além de absorver as deformações por compressão, deve ter grande resistência à tração, logo é necessário ter uma boa aderência ao substrato (REIS, 2016). Portanto, seu traço é composto basicamente por areia, cimento e aditivo. Dessa forma, a argamassa de marcação é conhecida popularmente como “massa forte”

O graute é o elemento para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas e tem como função solidificar a armadura a estes componentes com o intuito de aumentar a capacidade portante. (ABNT - NBR 8798, 1985).

Considerando os fatos apresentados acima, Mohamed (2020) ressalta a importância dos projetos tanto arquitetônicos como os complementares (hidrossanitário e elétrico). Para tanto, é necessário que as dimensões arquitetônicas sigam o padrão modular dos blocos, ou seja, concordar as dimensões horizontais e verticais da edificação com as dimensões da unidade, dessa forma, será possível o ajuste perfeito dos blocos na planta de arquitetura (Figura 3). (PARSEKIAN, 2012). Essa técnica é conhecida como coordenação modular.

Figura 3 - Coordenação Modular



Fonte: Parsekian, 2012.

De acordo com Mohamed (2020), as vantagens proporcionadas pela adoção da coordenação modular, tem-se as seguintes:

- Simplificação das atividades de elaboração do projeto;
- Padronização dos materiais e componentes;
- Possibilidade de normalização, tipificação, substituição e composição entre os componentes padronizados;
- Diminuição dos problemas de interface entre os componentes, elementos e subsistemas;
- Facilidade na utilização de técnicas pré-definidas, facilitando inclusive o controle da produção;
- Redução dos desperdícios com adaptações;
- Maior precisão dimensional;
- Diminuição de erros da mão-de-obra, com consequente aumento da qualidade e produtividade.
- Facilidade de utilização de elementos pré-fabricados, como janelas, portas, escadas, vergas, contravergas.

Por outro lado, o sistema construtivo carrega algumas desvantagens que limita sua utilização como:

- As paredes portantes não podem ser removidas sem substituição por outro elemento de equivalente função;
- Impossibilidade de efetuar modificações na disposição arquitetônica original;
- O projeto arquitetônico fica mais restrito;
- Vãos livres são limitados;
- Juntas de controle e dilatação a cada 15m.
- Necessita de mão de obra especializada.

No Brasil, o sistema construtivo em alvenaria estrutural chegou por volta dos anos 60, mas foi a partir de 1970 impulsionada pelos investimentos do Banco Nacional de Habitação – BNH - no segmento da moradia popular.

Atualmente, existe um conjunto completo de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) voltadas à qualidade dos materiais e ao sistema construtivo de alvenaria estrutural com blocos de concreto. As principais são:

- ABNT NBR 15873/2010 – Coordenação Modular para Edificações
- ABNT NBR 6136/2008 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos
- ABNT NBR 7184:92 – Determinação da resistência à compressão
- ABNT NBR 8215/1983 - Prisma de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural Preparo e ensaio à Compressão
- ABNT NBR 15961-1/2011 - Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto
- ABNT NBR 15961-2/2011 - Alvenaria estrutural — Blocos de concreto — Parte 2: Execução e controle de obras
- ABNT NBR 12118/2011 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Métodos de ensaio
- ABNT NBR 14321 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento
- ABNT NBR 14322 – Paredes de Alvenaria Estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão.
- ABNT NBR 10837:89 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
- ABNT NBR 8798:85 – Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

Neste contexto, Lanna (2010) reconhece a alvenaria estrutural como tecnologia segura, durável e econômica para obras industriais, comerciais e habitacionais de múltiplos pavimentos.

2.1.3 Etapas construtivas

Segundo Meirelles (2005), as etapas construtivas do ciclo produtivo da construção civil são complexas devido às inúmeras atividades que devem ser executadas e suas peculiaridades de execução na qual ainda se utiliza técnicas artesanais e ferramentas pouco tecnológicas fazendo com que o resultado de uma atividade dependa muito do profissional que a executa.

De forma macro pode-se dividir o ciclo produtivo da construção de uma edificação em basicamente em 7 etapas: projetos, fundações, estruturas, vedações, coberturas, instalações e acabamentos. Contudo, independente do sistema

construtivo utilizado, do porte da edificação ou do tipo de edificação (casa, edifício, sala comercial, galpão etc.), as etapas construtivas não mudam e tem pouca variação na ordem de execução. (MOHAMED, 2020).

As etapas construtivas de uma edificação são os conjuntos de atividades, interdependentes e que se complementam. Este é o caso da etapa de execução da alvenaria, que é composta de processos (marcação, assentamento, grauteamento) diretamente ligados a subprocessos (suprimento de blocos e produção de argamassa e graute) que vão se desenvolvendo e se complementando com o objetivo de reproduzir as características de um projeto e dar corpo à edificação. (RITCHER (2007; MATOS, 2006).

É indispensável um conhecimento consistente das etapas construtivas de uma obra e de seus serviços componentes para o que se tenha máxima eficiência da mão de obra e dos materiais, reduzindo assim o desperdício e consequentemente a geração de resíduos. (TISAKA, 2006).

2.2 O CONSUMO DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Toda e qualquer atividade realizada pelo homem necessita do consumo de materiais. Sendo assim, as crescentes atividades econômicas e o aumento da longevidade do ser humano são sustentados pela incessante extração de materiais da natureza. (JOHN, 2017)

De acordo com os estudos realizados pela Organização das Nações Unidas (2019), a população do planeta que em 1950 era de 2,54 bilhões, quintuplicou, alcançando 7,79 bilhões de habitantes em 2019. Como consequência, a quantidade de matérias-primas extraídas da Terra, passou de 22 bilhões de toneladas em 1970 para 70 bilhões de toneladas em 2010, segundo o relatório do Painel Internacional de Recursos (IRP, na sigla em inglês) apoiado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Devido à abundância dos agregados na natureza, o baixo valor unitário associado, a relativa facilidade de extração e a necessidade de desenvolvimento de uma sociedade, tornaram as matérias primas utilizadas na construção civil, constituídas por insumos minerais (à exceção da água), os mais consumidos no mundo. (ANEPAC 2017). Estima-se que 50% dos recursos naturais extraídos do planeta são destinados para a construção civil, sendo que 40% são consumidos em

forma de rochas naturais, agregados, cerâmica, e 10% é resultado do consumo de materiais como os combustíveis e a biomassa. (SCREVENNER, 2016).

No Brasil, conforme apresentado por Lima e Neves (2016) na produção bruta dos recursos para a construção civil destaca-se a extração de minerais (areia, brita e cascalho), atingindo 77,4%, seguido do calcário com 14,4%, do cimento com 7,9% e da argila com 0,25%. A grande extração de minerais para a produção de areia e brita se justifica por estes constituírem cerca de 70% do concreto. (ALMEIDA, 2014). Dentre os agregados a pedra brita é um agregado graúdo originado da britagem da rocha, já a areia é um agregado miúdo que pode ser originado de processos artificiais como a britagem ou de fontes naturais como leitos de rios. (HAGEMANN, 2011). Deste modo, seus impactos são diretamente proporcionais provocando alteração da paisagem, turbidez da água, destruição da vegetação, emissão de CO₂ devido aos processos de transporte e extração, alteração na calha dos cursos d'água etc. (Lima e Neves 2016).

De acordo com Priori Júnior (2011), a indústria da construção civil é responsável pelo consumo de cerca de 40% da energia. Segundo o IPCC (2015), o setor de edificações respondeu em 2010 por 32% do uso final de energia. Desta forma, o setor enfrenta o desafio de aumentar a eficiência energética durante a após a execução da obra (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2006). Contudo, as pesquisas concentram-se, em sua maioria, em avaliar os impactos energéticos da ICC, com vistas ao ciclo de vida de matérias-primas e serviços, e na fase de operação e uso das edificações. (CRAWFORD; TREOLAR, 2005). Na fase de execução, são consideradas apenas avaliações de consumo de energia relacionada a combustíveis e emissões de dióxido de carbono (ROTH, 2007). No entanto, segundo Benite (2011), no segmento de edificações, as emissões são provenientes do uso de energia. O autor ainda aponta que “10 a 20% dessas emissões estão ligados à extração e ao processamento das matérias-primas, à fabricação de produtos e à etapa de construção e demolição.”

No que se refere ao consumo de água, a construção civil tem um grande potencial consumidor devido aos materiais e processos necessários para o andamento da obra, a qual inclui a extração e processamento de matérias-primas, a fabricação de materiais e produtos de construção e a construção em si. (WATERWISE, 2017). Segundo Asadollahfardi et al. (2015), a construção civil utiliza aproximadamente 17% do volume total de água doce consumida no mundo, sendo a

produção de concreto/argamassa o principal consumidor. Estudos realizados por Bardhan (2011), o qual avaliou o consumo total de água incorporada ao processo de construção de uma obra, apresentou valores de consumo de água em canteiros de obra de 1 m³/m² a 2 m³/m² de área construída. Santos, Silva e Cerqueira (2015) encontraram um volume consumido de água de 0,83 m³/m². No entanto, Marques et al (2017) ressalta que “o consumo de água em um canteiro pode variar em função dos sistemas construtivos utilizados e da metodologia de levantamento de dados”.

A água pode ser utilizada como componente ou ferramenta para os serviços de engenharia. Como componente, é fundamental na produção de concreto e argamassa e na compactação de aterros, influenciando na qualidade e desempenho final desses produtos. Como ferramenta, é utilizada nos serviços de limpeza, resfriamento de materiais e cura do concreto. (SILVA; VIOLIN, 2013).

Sendo assim, faz-se necessária a indústria de extração de recursos naturais a fim de produzir insumos para a construção civil, dando suporte na produção e construção do espaço urbano. Contudo é fundamental selecionar os processos e fabricantes mais ecoeficientes visando a redução dos impactos ambientais.

2.3 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

Pode-se adicionar à lista dos impactos ambientais provocados pela ICC, a geração de resíduos, ao qual tem alcançado índices preocupantes. (HELMEMAN, 2009).

O Art. 13º da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos define que os Resíduo da Construção e Demolição (RCD) ou simplesmente Resíduos da Construção Civil (RCC), são os resíduos provenientes das construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. (Brasil, 2010). Outra definição é apresentada pelo CONAMA, por meio da Resolução nº 307/02, como sendo:

Provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, p. 1).

Gaede (2008) corrobora afirmando que os resíduos da construção civil são os materiais que por algum motivo não foram utilizados ou foram utilizados de forma inadequada na execução das etapas da obra e podem ser compostos por restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço, madeira, etc. Luz *et al.* (2014) destaca que os resíduos desta atividade são popularmente chamados de entulhos.

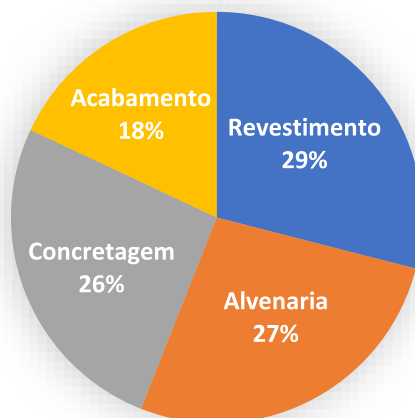
De acordo com Pimentel (2013), os RCD derivam das perdas de materiais e tem origem nas diversas etapas do ciclo de vida do edifício. Desde a fase de extração dos recursos naturais, passando pela fase de fabricação de materiais e insumos para a construção, fase de execução da obra, fase de manutenção e reforma até a fase de demolição.

A taxa de geração de resíduos de processos extrativos é geralmente muito alta, porém as estimativas existentes são deficitárias. (JHON, 2017). Segundo Numazawa *et al.* (2017), estima-se que a extração de madeira nativa da Amazônia brasileira gera mais de 50% de perdas, mesmo quando feita de forma manejada e planejada por engenheiros florestais. Igualmente acontece com a produção de agregados graúdos que podem gerar até 50% de finos, que na maioria das vezes não possui destinação correta. (QUATTRONE; ANGULO; JOHN, 2014). Já, a solidificação do concreto resulta em até 10% de perda, no entanto, este quase sempre é reciclado. (ALLWOOD *et al.*, 2011). Porém, é na fase de execução onde acontece a parcela mais visível das perdas. Estima-se que os RCD gerados pelas cidades dos países desenvolvidos representam aproximadamente 20 a 30% da massa total dos resíduos sólidos gerados, porém esse percentual é maior nos países em desenvolvimento. (MARCHI, 2011). A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2019) publicou, em seu Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, que a geração de RCD em 2018 foi de 122.012 ton/d, sendo que a região sul foi responsável por 24,37% do fluxo total de RCD gerados.

Estudos revelam que os resíduos que predominam na composição dos RCD são: as argamassas com 64%, seguido pelos tijolos/blocos com 18%, as cerâmicas com 11, 1%, os concretos com 4,2% e todos os demais com 2,7% de participação no total de entulho. (PIMENTEL *apud* PINTO, 2013). Barbosa *et al.* (2016) apresentam em sua pesquisa, que a maior parte do RCD gerados são resultantes

das etapas de revestimento, acompanhado pela etapa da alvenaria, concretagem e acabamento, como apresenta o Figura 4.

Figura 4 - Influência de cada etapa da obra na geração de RCD



Fonte: Barbosa *et al.*, (2016).

Logo, essas pesquisas corroboram com estudos realizados ao longo dos anos por diversos autores, dos quais verificaram que os principais resíduos gerados durante a construção de uma edificação são argamassa e tijolos/blocos, ocupando, muitas vezes, a primeira e a segunda colocação, respectivamente, como apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 - Índices de perdas de materiais realizados em estudos anteriores

Materiais/ Componentes	Bastos ⁴ (2015)	Pinho ³ (2009)	Rosa ¹ (2001)	FINEP ² (1998)	Soilbelman ¹ (1993)	Pinto ¹ (1989)	Skoyles ¹ (1976)	TCPO ⁵
	Média (%)	Média (%)	Média (%)	Média (%)	Média (%)	Média (%)	Média (%)	
Concreto usinado	6,00	-	8,10	9,50	13,00	1,34	2,00	5,00
Argamassa	81,00	163,24	113,12	95,40	84,00	33,11	-	-
Aço	3,00	-	13,10	10,30	19,00	26,19	5,00	20,00
Blocos/tijolos	27,00	8,33	23,06	17,00	28,00	13,00	9,00	10,00
Tubos de PVC	-	-	56,21	19,90	3,00	-	3,00	1,00
Revest. cerâmico	-	-	9,00	15,60	3,00	39,55	3,00	10,00

Fonte: Adaptado de Rosa, F.P. (2001)¹; FINEP (1998)²; Pinho, S.A.C. e Lordsleem Jr., A.C. (2009)³; Bastos, L.W. (2015)⁴; TCPO⁵.

Os efluentes provenientes da lavagem de materiais e equipamentos da ICC, também contribuem para a degradação ao meio ambiente, pois eles são lançados no solo sem nenhum tratamento, contaminando lenções freáticos. Segundo HANNAD *et al* (2013), “para cada litro de água utilizada para produção de argamassa, é necessário cerca de 2,5 vezes mais litros de água para realizar

atividades secundárias ligadas à produção, como lavagem dos equipamentos e cura”, os quais posteriormente são descartados.

Os elevados índices de resíduos gerados pela construção civil ocorrem, segundo Won e Cheng (2017) em função da falta de capacitação e treinamento dos funcionários, limitada tecnologia, baixa produtividade, ineficiência da gestão e mudanças inesperadas no projeto na fase de execução. Para Ferreira *et al.* (2008), a construção civil usa métodos de produção ultrapassados devido ao baixo investimento tecnológico, além de não considerar fatores essenciais, como as perdas atreladas ao processo produtivo. Lima *et al.* (2014) destaca que o processo produtivo ineficiente da indústria da construção, dificulta a correta utilização dos recursos naturais, provocando perdas excessivas de materiais desde a sua extração até o seu consumo. Para Menegaki e Damigos (2018), os fatores que favorecem o aumento da geração de RCD são a má comunicação e coordenação entre as partes envolvidas, má consciência e comportamento dos empreiteiros e trabalhadores.

Em face ao exposto, Oliveira *et al.* (2016) constata que esses resíduos representam sérios problemas ao meio ambiente e conseqüentemente à saúde da população, pois agem “de forma direta na poluição e degradação de áreas urbanas, reprodução e desenvolvimento de vetores de doenças, abrigo para ratos, moscas e outros insetos, além de afetar o curso dos rios, a paisagem urbana e o tráfego de veículos.”

Portanto, o uso dos insumos da indústria da construção civil gera resíduos em grande escala, que necessitam ser gerenciados, a fim de reduzir os impactos causados em detrimento a má disposição desses resíduos. (CABRAL *et al.*, 2009).

2.4 LEGISLAÇÃO NACIONAL NO ÂMBITO DA CONSTRUÇÃO

A ICC desempenha suas atividades por meio de projetos, os quais são executados em canteiros e possuem um tempo de execução pré-determinado. (CAMPOS *et al.* 2013). Essas e outras características do setor como: a pouca industrialização nos sistemas construtivos, a mão de obra desqualificada, a cultura, os custos, o precário gerenciamento de materiais e dos resíduos, bem como os ineficientes fluxos de trabalhos, contribuem para o elevado índice de impacto ambiental causado pelo setor. (FILHO *et al.*, 2017)

Neste contexto, as ações da ICC indiscutivelmente provocam impactos ao meio ambiente, o que torna evidente a necessidade de aplicar ferramentas de

gestão ambiental em todas as etapas do ciclo de vida da edificação. Segundo Lima e Lima (2009), a gestão na concepção do projeto possibilita escolher os materiais de construção de baixo impacto e os sistemas construtivos mais eficientes. Para Magdaleno e Nobrega (2015) é importante também administrar com responsabilidade ambiental os canteiros de obras na fase de execução, reforma e demolição dos edifícios, pois, segundo os autores, é nesta etapa que são gerados os maiores impactos ambientais, a saber, a grande produção de resíduos e as perturbações ao entorno.

A gestão ambiental visa a utilização de práticas que asseguram a conservação e preservação da biodiversidade, a reciclagem das matérias-primas e a redução do impacto ambiental produzidos por um empreendimento ao meio ambiente. (BLANK E CAMAREZ, 2019). Conforme Barbieri (2007), as empresas podem criar seu próprio modelo de sistema de gestão ambiental (SGA) ou utilizar modelos já existentes, como as normas da série ISO 14.001/2004.

A norma ISO 14001 estabelece um sistema de gestão ambiental que possibilita uniformizar as rotinas e os procedimentos necessários para se ter um sistema de gestão ambiental certificável, a partir do cumprimento aos requisitos legais. Segundo Lam et al., (2011) o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) tem exercido influência positiva no setor da construção tornando-a mais sustentável.

As motivações para a adoção de um sistema de gestão ambiental na ICC são muitas, entretanto, a legislação é um dos principais incentivos. (ROSA E FILHO, 2017). Em vista disso, foram criadas diversas políticas ambientais pelo mundo com foco em diversas indústrias inclusive a da construção.

No Brasil, as leis ambientais definem normas e infrações que devem ser conhecidas e cumpridas tanto por pessoas físicas quanto jurídicas. O primeiro documento brasileiro legal que abordou o tema meio ambiente como um direito próprio e autônomo e o considerou como patrimônio público, devendo ser protegido e assegurado por todos, foi a Lei 6.938/81, nela foi criado a Política Nacional do Meio Ambiente que estabelece uma política com conceitos gerais sobre o meio ambiente, com instrumentos, diretrizes e princípios. No artigo 6º § 2º, a referida política prevê que:

“Art 6º – Os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.”

No inciso II desse mesmo artigo, a política supracitada prevê a criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA),

“(...) com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho do Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.”

Em 2002, com os olhos voltados para o aceleração da construção civil e os impactos ambientais por ela causados, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 307, a qual estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, visando proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental. (CONAMA, 2002). A resolução CONAMA 307/02 passou por diversas alterações, as quais estão representados nos quadros abaixo:

Quadro 1 – Alterações da Resolução CONAMA 307/02

Resolução que altera	Alterações
CONAMA nº 348 de 2004	Altera o inciso IV do art. 3º incluindo os materiais que contenham produtos prejudiciais à saúde, como o amianto, na classe de resíduos perigosos (Classe D).
CONAMA nº 431 de 2011	Altera o art. 3º estabelecendo nova classificação para o material gesso, incluindo-o na categoria de resíduos recicláveis (Classe B) e o retirando-o da categoria de resíduos para os quais não foram desenvolvidas aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação (Classe C).
CONAMA nº 448 de 2012	Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 nas definições de: Aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros, estabelece área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, determina o gerenciamento de resíduos sólidos, gestão integrada de resíduos sólidos [^] , estabelece prazos os municípios e o Distrito Federal elaborem e implantarem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil, determina adequações aos processos de licenciamento do “bota-espera”.
CONAMA nº 469 de 2015	Altera a redação do inciso II e dos §§ 1º e 2º do art. 3º, incluindo embalagens vazias de tintas imobiliárias na classe B (recicláveis), definindo estas embalagens como “aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem

	acúmulo de resíduo de tinta líquida”. A Resolução também estabelece que as embalagens de tinta devem ser contempladas no sistema de logística reversa.
--	--

Fonte: Adaptado das Resoluções CONAMA (2004, 2011, 2012, 2015).

Sendo assim, dentre as principais ações apresentadas pelo CONAMA pode-se destacar, conforme apresentado no quando 02 e 03, a classificação dos resíduos da construção e sua correta destinação, bem como as atribuições das responsabilidades dos resíduos gerados, onde ela determina que fica a cargo dos geradores a responsabilidade da destinação adequada dos seus resíduos gerados, compelindo-os a adotar técnicas de redução de desperdício, bem como, políticas de reciclagem. E atribuiu também, a responsabilidade aos municípios e estados de implementar políticas públicas em forma de Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil e apoiar os pequenos geradores educando-os (AZEVEDO et al., 2006).

Quadro 2 - Classificação dos resíduos da Construção Civil

Classificação	Definição
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
Classe D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA (2002).

Quadro 3 - Destinação de Resíduos da Construção Civil

Classificação	Definição
Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reserva de material para usos futuros
Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
Classe C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado da resolução CONAMA (2002)

Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004) publicou uma série de normas em concordância com a Resolução Conama no 307, relativas aos resíduos sólidos e aos procedimentos para o gerenciamento dos resíduos da construção civil (RCC). O Quadro 4 descreve algumas normas técnicas brasileiras que abordam o assunto.

Quadro 4 - Normas técnicas brasileiras relacionadas aos resíduos sólidos e RCC

Norma	Descrição
NBR 10.004	Resíduos sólidos (classificação)
NBR 15.112	RCC e resíduos volumosos - áreas de transbordo e triagem (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.113	RCC e resíduos inertes - aterros (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.114	RCC - áreas para reciclagem (diretrizes para projetos, implantação e operação).
NBR 15.115	Agregados reciclados de RCC - execução de camada de pavimentação (procedimentos).
NBR 15.116	Agregados reciclados de RCC - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (requisitos).

Fonte: Fernandez (2012)

Com o aumento do consumo nas cidades e conseqüentemente o crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos, outros dispositivos legais foram criados na tentativa de minimizar e combater danos ambientais provocados pela geração de resíduos tanto do setor da construção civil como dos resíduos sólidos urbanos em geral. (SINDUSCON-SP, 2005). Assim sendo, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei nº 12.305/10, foi criada com o objetivo de buscar

soluções para os resíduos sólidos produzidos no país, inclusive os resíduos da construção civil. A PNRS definiu o termo resíduos da construção civil, em seu Artigo 13, como “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” (Brasil, 2010a, Artigo 13, inciso I, alínea h). A PNRS estabelece princípios, objetivos, diretrizes, metas e ações, além de alternativas de gestão e gerenciamento, bem como instrumentos tal qual o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), a fim de obter dos setores públicos e privados transparência no gerenciamento de seus resíduos e lhes conferir responsabilidade.

Para um apropriado plano de gerenciamento de resíduos da construção civil a legislação prevê a necessidade de prévia caracterização dos resíduos a serem gerados, bem como dispõe sobre a segregação, acondicionamento, transporte, incluindo o tratamento e a disposição final dos resíduos, sendo necessária a apresentação deste plano para adequação à legislação vigente. (BRASI, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos coaduna-se com diversas outras leis, compondo o arcabouço legal que contribuem para o meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Contudo, segundo Santos *et al.* (2015), as formas de gestão, gerenciamento e destinação dos resíduos da construção civil, mesmo com as regulamentações e diretrizes existentes, ainda são um problema. Diante disso a busca por modelos de prevenção e até recuperação das áreas degradadas torna-se de extrema relevância. (ROTH E GARCIAS, 2009). Logo, visando o atendimento dos princípios de gestão ambiental, alguns programas foram criados para alinhar os interesses da empresa com a questão ambiental, dentre eles o Programa de Produção mais Limpa (P+L), proposto pela *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO), que aplicado na ICC tem contribuído com cumprimento da legislação e consequentemente com a preservação do meio ambiente.

2.5 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Inicialmente, as tecnologias ambientais existentes utilizavam ações que atentavam apenas para o controle da poluição, por meio de processos de remediação dos efeitos da poluição gerados pela produção (FREITAS *et al.*, 2018). Essas tecnologias são chamadas de “end-of-pipe solutions” ou tratamento de final de tubo. No entanto, tais práticas não impediram o aumento da poluição ambiental

(SANCHES, 2017). Diante disso, surgiu a necessidade de repensar o modelo de produção e desenvolver novas tecnologias a fim de reduzir os impactos ambientais causados por suas atividades.

Dentre os diversos conceitos e práticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável, consta a Ecologia Industrial (EI). Segundo Sanches (2017) “a EI busca identificar e implementar estratégias para reduzir impactos ambientais de produtos e processos associados com o sistema industrial, com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável.” A integração dos diversos componentes de um sistema para reduzir: a) a entrada de recursos; b) a geração de poluentes; c) as saídas de resíduos, é uma das principais características da EI (DESPEISSE *et al.*, 2012).

A EI possui três níveis de atuação: a) **intrafirma**, onde as atividades são desenvolvidas internamente à organização (ecodesign, prevenção da poluição e contabilidade verdade); b) **interfirma**, onde as iniciativas envolvem relações Inter organizacionais (ecoparques industriais, análise do ciclo de vida dos produtos e Simbiose Industrial); e a **extrafirma** onde onde as iniciativas ocorrem no âmbito regional ou global o qual realizam-se a análise do fluxo de materiais e de energia, bem como políticas e planos de desenvolvimento (CHERTOW, 2000).

Uma das ferramentas utilizadas pela EI para reduzir os efeitos nocivos da poluição dentro da organização, segundo Sanches (2017), é a Produção Mais Limpa (P+L), o qual tem como objetivo aumentar o desempenho ambiental através do uso eficiente de materiais, água e energia, por meio da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados. Logo a P+L é um programa intrafirma.

Segundo a Divisão de Tecnologia, Indústria e Economia do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP em Inglês), P+L é a “aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência global e reduzir os riscos às pessoas e ao meio ambiente”. (UNEP, 2009). Oguntoye (2018) corrobora com o exposto ao afirmar que a P+L atinge várias dimensões do desenvolvimento sustentável entre elas encontram-se: maior eficiência na utilização dos recursos, redução de desperdício e a preservação da saúde e bem-estar da sociedade como um todo.

Alves (2019) ressalta que a P+L é um programa de gestão ambiental que consiste em: planejar, organizar, dirigir e controlar os processos da empresa, podendo ser aplicada em todas as etapas produtivas, assim como em vários

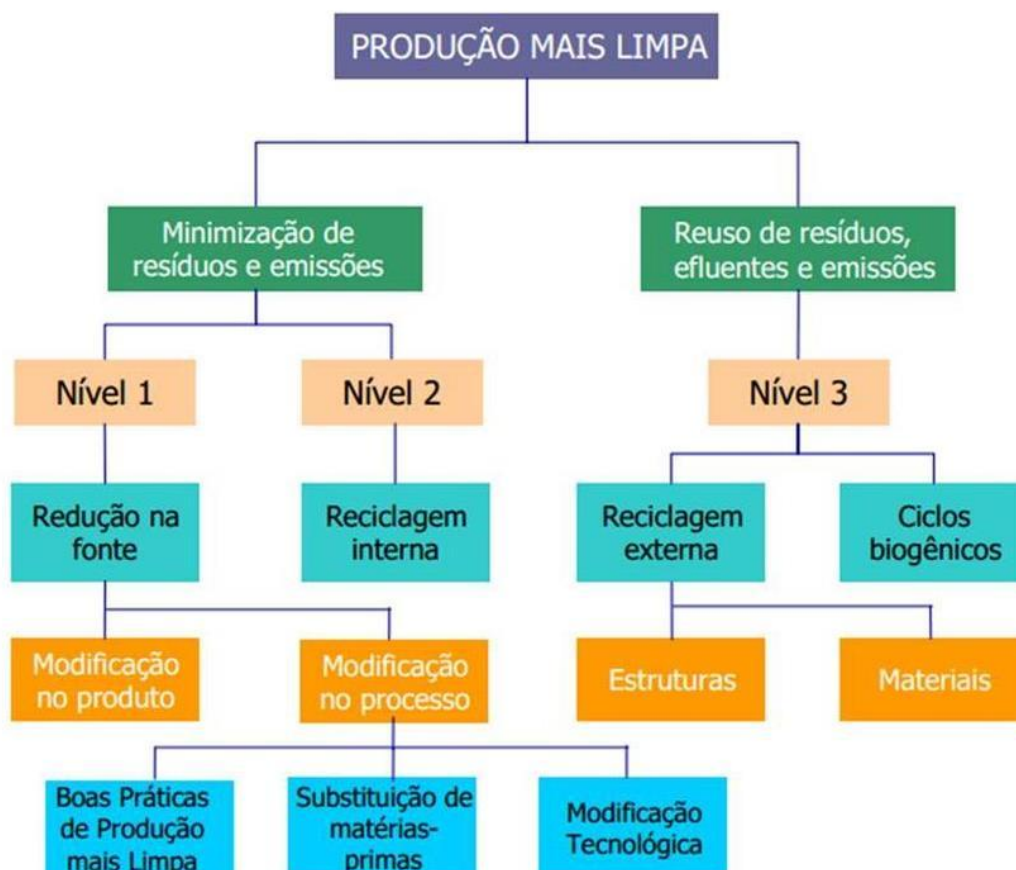
serviços oferecidos para a sociedade, com o objetivo de atingir as suas metas de forma sustentável.

A P+L prioriza a redução da poluição por meio da prevenção na fonte evitando ao máximo a geração de resíduos, através de técnicas de reciclagem e reaproveitamento interno, impedindo que o resíduo seja disposto no meio ambiente. Deste modo, a P+L estimula o crescimento da produtividade em decorrência da melhoria de seus processos internos. (LUZ *et al.*, 2014).

Segundo Chan (2014), a taxa de produtividade é o resultado da divisão das saídas (outputs) e das entradas (inputs) de um sistema produtivo qualquer. Neste contexto, a poluição pode ser definida como sendo uma demonstração da ineficiência dos processos produtivos, ou seja, os resíduos (outputs) são matérias-primas (inputs) não aproveitadas que as empresas estão desperdiçando. (CNTL, 2010). Assim sendo, a P+L tem como principal objetivo avaliar os inputs e outputs para todos os processos na produção de um determinado material ou produto até seu destino, bem como identificar quais fases produzem mais resíduos e por meio de tecnologias e monitoramentos diminuir a geração desses resíduos. Assim sendo, segundo o CNTL (2007), a P+L concentra-se no melhor aproveitamento dos equipamentos e tecnologias a fim de encontrar possibilidades de mudança na fonte dos processos antes de pensar em reciclagem e tratamento de resíduos.

A Figura 5 apresenta a hierarquia de prioridades da P+L e é dividido em 3 níveis, sendo que o nível 1 tem como objetivo evitar a geração de emissões e resíduos, o nível 2 visa reintegrar ao processo de produção da empresa (reciclagem interna) os resíduos que não puderam ser evitados, e somente após as técnicas de prevenção terem sido adotadas por completo é que se deve utilizar a reciclagem externa e o tratamento dos resíduos, sendo este o nível 3.

Figura 5 – Hierarquia de prioridades na metodologia P+L.



Fonte: CNTL. 2007.

Frente ao exposto, nota-se que a P+L aborda temas que vão além das questões ambientais e econômicas, ela também aborda as questões sociais, visto que, a redução da geração de resíduos em um processo produtivo ou mesmo a identificação de matérias-primas e insumos tóxicos, possibilita resolver problemas relacionados à saúde e à segurança ocupacional dos trabalhadores contribuindo para a melhor qualidade do ambiente de trabalho. (CNTL, 2003).

2.5.1 Benefícios Decorrentes da Implantação da Produção Mais Limpa

De forma geral, o Programa de Produção Mais Limpa (P+L) provoca combinações de benefícios econômicos, ambientais e sociais que resultam na eficiência do processo produtivo das empresas. (FONSECA *et al.*, 2013).

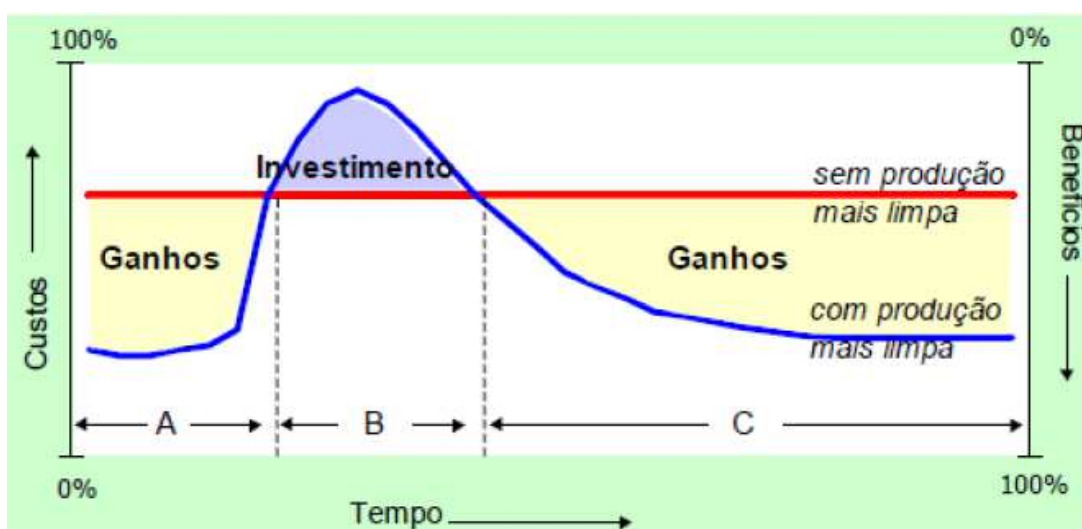
A relação custo-benefício é um fator determinante em qualquer tomada de decisão dentro de uma empresa, e não é diferente quando se trata de sustentabilidade. No entanto, o principal motivo de receio entre os empresários no que se refere à P+L é o desconhecimento dos benefícios da sua implantação, forçando os administradores a adotarem medidas paliativas, ou seja, estratégias de

tratamento no fim do processo, ao invés de medidas preventivas, como é o caso da P+L. (SILVA *et al.*, 2015).

Contudo, Nascimento (2012) afirma que apesar dos custos iniciais do investimento em P+L, os benefícios gerados o torna economicamente viável, haja visto, que a P+L oferece melhoria na eficiência das operações, o que gera significativa redução do consumo de matérias primas e energia, diminuição na geração de resíduos e emissões eliminando os custos associados ao tratamento e disposição final, eliminação do uso de materiais tóxicos preservando a saúde e o bem-estar dos funcionários, consumidores e comunidade, e em consequência a tudo isso, reduz os custos totais a curto e médio prazo.

Em concordância com o exposto por Nascimento, a Figura 6, elaborada pela CNTL (2003) demonstra que os benefícios decorrentes da implantação da P+L ocorrem desde o princípio (linha azul), visto que as primeiras medidas a serem tomadas exigem pouco ou nenhum investimento. Durante o processo de implantação pode haver a necessidade de adotar novas tecnologias e modificar os processos de produção, os quais acarretam num aumento de custo, no entanto, esses novos recursos ajudam a recuperar o investimento e a reduzir permanentemente os custos com o passar do tempo. Já, quando não há investimento em P+L, os custos totais não apresentam variação ao longo do tempo (linha vermelha).

Figura 6 - Custo-benefício da implantação do P+L



Fonte: CNTL (2003).

Fundamentado no fato de que a P+L enfatiza a redução da geração de resíduos na fonte, Luken (2016) destaca os principais benefícios decorrentes da implantação da produção mais limpa:

- Elimina dos desperdícios;
- Minimiza ou elimina matérias-primas e outros insumos impactantes para o meio ambiente;
- Reduz os resíduos e emissões;
- Reduz os custos de gerenciamento dos resíduos;
- Minimiza os passivos ambientais;
- Incremento na saúde e segurança no trabalho.
- Aumenta eficiência da produtividade;
- Aumenta a competitividade;
- Contribui para a conscientização ambiental dos funcionários;
- Melhora a imagem da empresa perante os órgãos ambientais, fornecedores, consumidores e sociedade;
- Reduz os gastos com multas e outras penalidades.

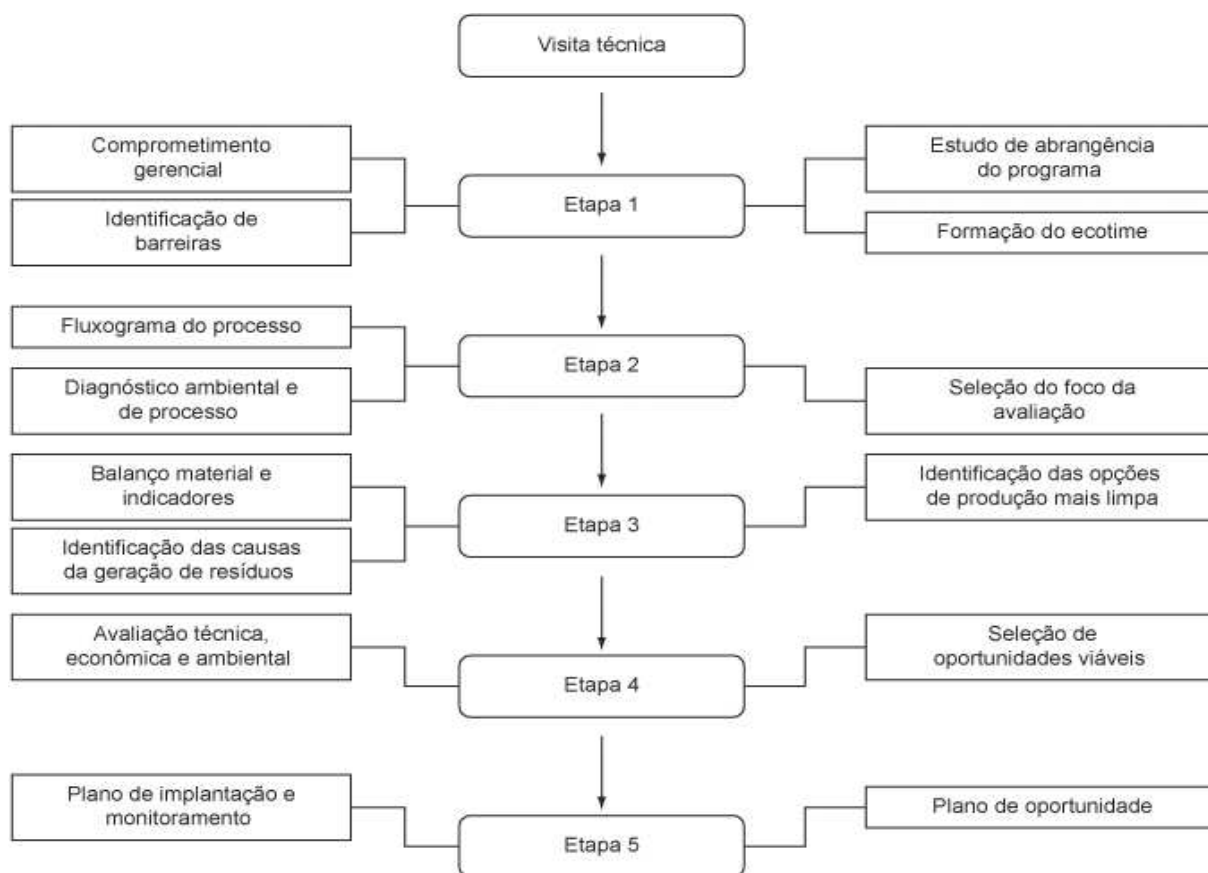
Assim sendo, a P+L abrange não só aspectos da gestão de resíduos, mas também, os aspectos da qualidade na produção, visando uma estratégia ambiental empresarial capaz de gerar benefícios futuro, tanto para a organização quanto para os consumidores. (LUZ *et al.*, 2014).

Outro fator muito importante, que influencia diretamente no sucesso da implantação da P+L é a valorização não somente da tecnologia, mas também da gestão. Pois, segundo Hoof (2014), “Os gestores influenciam diretamente no nível de aprendizagem de práticas ambientais da sua equipe, e tal aprendizagem é crucial para o sucesso do programa”.

2.5.2 Etapas para a Implementação da Produção Mais Limpa (P+L)

A implementação da P+L varia de acordo com a situação e a necessidade de cada empresa. Há empresas que consideram o fator econômico como incentivo inicial, outras levam em conta os fatores ambientais e ainda há outras que possuem como enfoque inicial o fator tecnológico. No entanto, de modo geral, algumas etapas para a implementação da P+L são comuns independente do seguimento empresarial, setor produtivo ou objetivo inicial. (CNTL, 2007).

Figura 7 - Fluxograma para implementação de programas de produção mais limpa



Fonte: CNTL (2009).

A implementação de um Programa de P+L pode ocorrer através de metodologia própria ou através de instituições que possam apoiá-la nesta tarefa. Independentemente de quem irá implementar o programa, é importante ressaltar que um programa de implementação de P+L deverá seguir os passos representados no fluxograma que segue (Figura 7).

Em vista disso, para a implementação da P+L é necessário percorrer 5 (cinco) etapas, são elas:

- **ETAPA 1** - Para iniciar o processo de implantação da P+L é necessário realizar uma Visita Técnica para entender a necessidade da empresa e os objetivos dos empresários. Dessa forma, é possível conhecer as expectativas dos gestores e seu nível de comprometimento, bem como identificar as possíveis barreiras para a implementação do programa.

Segundo a CNTL (2007), algumas das barreiras que podem ser encontradas são:

a) Barreiras conceituais: São aquelas em que os profissionais se mostram indiferentes às mudanças, por não perceberem o potencial papel positivo da empresa na solução dos problemas ambientais; os profissionais têm uma interpretação limitada do conceito de P+L e/ou simplesmente o profissional tem resistência a mudança.

b) Barreiras organizacionais: São aquelas em que falta uma liderança interna para questões ambientais; que falta incentivo para participação no programa; que possui abrangências limitadas para as ações ambientais dentro da empresa e/ou que a estrutura organizacional é inadequada e o sistema de informação incompleto.

c) Barreiras técnicas: são aquelas em que a empresa não possui uma base operacional sólida e/ou que possui acesso limitado à informação técnica mais adequada à empresa bem como desconhecimento da capacidade de assimilação destas técnicas pela empresa.

d) Barreiras econômicas: São aquelas em que os investimentos em P+L não são rentáveis quando comparados a outras alternativas de investimento; quando a empresa desconhece o real custo ambiental por ela causados e/ou quando os custos ambientais são alocados aos setores incorretos.

e) Barreiras financeiras: São aquelas em que será necessário empregar alto capital externo para investimentos em tecnologias; falta de linhas de financiamento e mecanismos específicos de incentivo para investimentos em P+L e/ou os gestores possuem a percepção incorreta de que investimentos em P+L representam um risco financeiro alto devido à natureza inovadora destes projetos.

f) Barreiras políticas: São aquelas em que a empresa não possui foco suficiente em P+L e/ou que possui desenvolvimento insuficiente da estrutura de política ambiental, incluindo a falta de aplicação das políticas existentes.

Em vista disso, é recomendado realizar uma reunião de sensibilização dos profissionais, a fim de expor os benefícios econômicos, ambientais e sociais que a P+L oferece, e motivar o comprometimento com as mudanças que serão realizadas.

- ETAPA 2 - Nesta etapa estuda-se o fluxograma do processo produtivo (entrada e saída), o qual permite visualizar e definir o fluxo qualitativo/quantitativo de matéria-prima, água e energia no processo produtivo e a visualizar a geração de resíduos durante o processo. Após a elaboração do fluxograma do processo

produtivo são realizados o diagnóstico ambiental da empresa. Com essas análises é possível selecionar, entre todas as atividades da empresa, o foco do trabalho.

• ETAPA 3 – Esta fase inicia-se com o levantamento dos dados quantitativos mais detalhados das atividades selecionadas como o foco do estudo da etapa anterior. São analisados os indicadores atuais da empresa e os indicadores estabelecidos durante a etapa de quantificação. De acordo com a CNTL (2007), essas análises possibilitam identificar as causas da geração de resíduos que podem ser:

a) Operacionais: consumo de água e energia não conferidos; acionamento desnecessário ou sobrecargas de equipamentos; falta de manutenção preventiva; etapas desnecessárias no processo; falta de informações de ordem técnica e tecnológica.

b) Matérias-Primas: uso de matérias-primas de menor custo, abaixo do padrão de qualidade; falta de especificação de qualidade; deficiência no suprimento; sistema inadequado de gerência de compras; armazenagem inadequada.

c) Produtos: proporção inadequada entre resíduos e produtos; design impraticável do produto; embalagens inadequadas; produto composto por matérias-primas perigosas; produto de difícil desmontagem e reciclagem.

d) Capital: escassez de capital para investimento em mudanças tecnológicas e de processo; foco exagerado no lucro, sem preocupações na geração de resíduos e emissões; baixo capital de giro.

e) Causas relacionadas aos resíduos: inexistência de separação de resíduos; desconsideração pelo potencial de reuso de determinados resíduos; não há recuperação de energia nos produtos resíduos e emissões; manuseio inadequado.

f) Recursos humanos: recursos humanos não qualificados; falta de segurança no trabalho; exigência de qualidade - treinamento inexistente ou inadequado; trabalho sob pressão; dependência crescente de trabalho eventual e terceirizado.

g) Fornecedores/ parceiros comerciais: compra de matérias-primas de fornecedores sem padronização; falta de intercâmbio com os parceiros comerciais; busca somente do lucro na negociação, sem preocupação com o produto final.

h) Know-how processo: má utilização dos parâmetros de processo; uso de tecnologias de processo ultrapassadas.

Com base nas causas de geração de resíduos, são possíveis modificações em vários níveis de atuação e aplicação de estratégias visando ações de P+L.

- ETAPA 4 – Após identificadas as principais causas da geração de resíduos e as opções de P+L, realiza-se uma avaliação técnica, ambiental e econômica, que conforme a CNTL (2007), tem como objetivo alvejar o aproveitamento eficiente das matérias-primas, água, energia e outros insumos através da não-geração, minimização e reciclagem. A CNTL (2007), ressalta que nessas avaliações, é importante atentar para alguns quesitos básicos, porém imprescindíveis, como:

- a) Avaliação Técnica: impacto da medida proposta sobre o processo, produtividade, segurança, etc; testes de laboratório ou ensaios quando a opção estiver mudando significativamente o processo existente; experiências de outras companhias com a opção que está sendo estudada; todos os funcionários e departamentos atingidos pela implementação das opções; necessidades de mudanças de pessoal, operações adicionais e pessoal de manutenção, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas.

- b) Avaliação Ambiental: a quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida; a qualidade dos resíduos, efluentes e emissões que tenham sido eliminados (verificar se estes contêm menos substâncias tóxicas e componentes reutilizáveis); a redução na utilização de recursos naturais.

- c) Avaliação Econômica: os investimentos necessários; os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projetadas das ações a serem implantadas; a economia da empresa com a redução / eliminação de multas.

Os resultados encontrados possibilitarão indicar as medidas viáveis para implantação da P+L nas atividades selecionadas.

- ETAPA 5: Nesta etapa é traçado um plano de implementação da P+L. Para esta etapa a CNTL (2007), recomenda observar alguns pontos importantes, são eles: as especificações técnicas detalhadas; o plano adequado para reduzir tempo de instalação; os itens de dispêndio para evitar ultrapassar o orçamento previsto; a instalação cuidadosa de equipamentos; a realização do controle adequado sobre a instalação; a preparação da equipe e a instalação para o início de operação.

Juntamente com o plano de implementação deve ser planejado o sistema de monitoramento das medidas a serem implantadas. Nesta etapa é essencial considerar: quando devem acontecer as atividades determinadas; quem é o responsável por estas atividades; quando são esperados os resultados; quando e por quanto tempo monitorar as mudanças; quando avaliar o progresso; quando devem ser assegurados os recursos financeiros; quando a gerência deve tomar uma decisão; quando a opção deve ser implantada; quanto tempo deve durar o período de testes; qual é a data de conclusão da implementação.

Após a execução de todas as etapas descritas acima, o Programa de P+L pode ser considerado definitivamente implementado, no então, para alcançar o sucesso é importante não somente avaliar os resultados obtidos, mas, sobretudo, criar condições para que o programa tenha sua continuidade assegurada, para isso é primordial um plano de continuidade.

Sendo assim, a P+L surge como uma alternativa não só ambiental, mas econômica, em especial para o setor da construção Civil que busca pela sobrevivência num mercado cada vez mais competitivo e exigente, onde a redução de custos através de uma maior eficiência do processo representa um importante diferencial de mercado. (Fonseca et al., 2013).

2.6 PRODUÇÃO MAIS LIMPA NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A ICC é composta de empresas que realizam a construção de empreendimentos (construção pesada, edificações e obras viárias) e inclui também empresas de serviços e distribuição ligados à construção, além dos fornecedores de matérias-primas e de equipamentos (FARIAS *et al*, 2017). Como já mencionado, os impactos ambientais negativos decorrentes da construção civil são significativos, em função dos resíduos gerados e da alteração do meio ambiente em todas as suas fases, desde a extração de matéria prima até fim de sua vida útil.

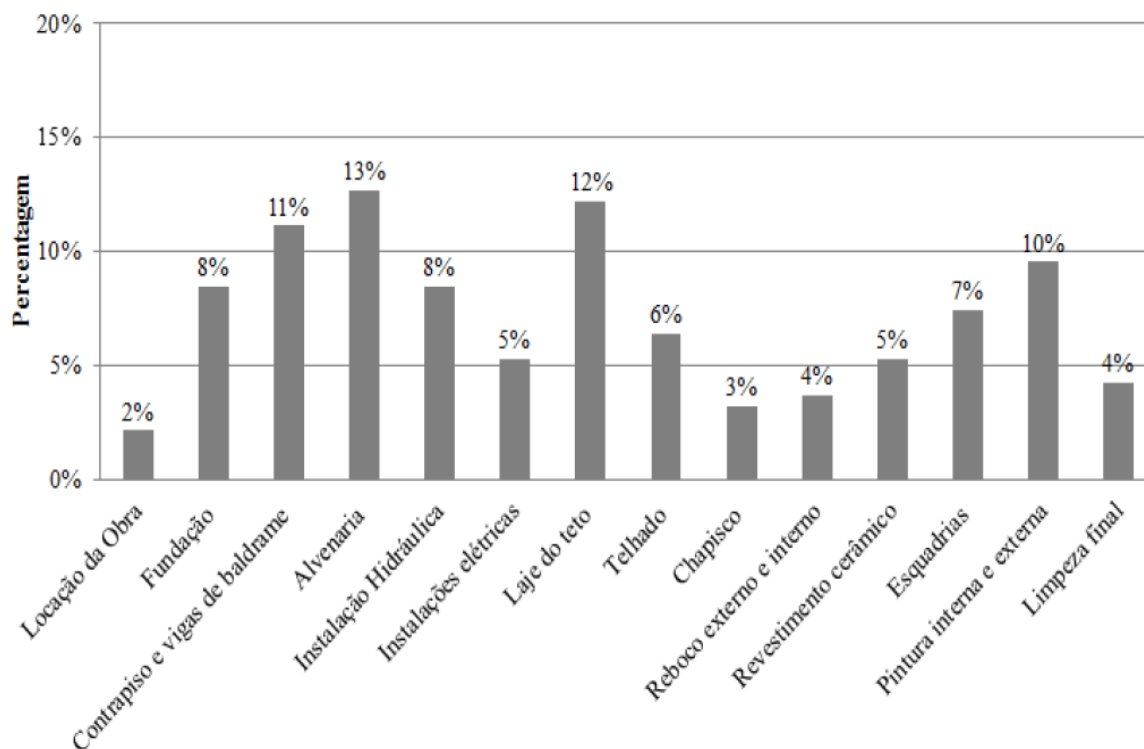
Frente às tentativas de reduzir os impactos que a ICC causa ao meio ambiente, nota-se a ineficiência desses esforços, visto que ela se concentra na busca de aplicações para os diferentes tipos de materiais que “sobram” de suas atividades, ou seja, utilizam medidas corretivas que agem nos efeitos dos problemas e não na sua causa. (PFAFFENZELLER et al., 2016). Essas ações corretivas utilizadas pela indústria da construção ocorrem pois, segundo Cardoso Junior e Cunha (2015), as políticas de proteção ambiental do setor de construção civil estão

voltadas quase que exclusivamente para a disposição controlada dos resíduos, ficando indiferente frente a possibilidade de redução da produção dos resíduos durante o processo produtivo.

Diante dos desafios que o setor da construção civil encontra para se adequar às políticas ambientais, o uso da P+L apresenta-se como alternativa de baixo custo que propõe diretrizes que possibilita sistematizar ações voltadas para a não geração de resíduos, podendo ser aplicada em toda a sua cadeia produtiva, que vai desde os fornecedores de insumos, passando pelo canteiro de obras até a entrega do produto. (REIS, 2017).

Em um estudo realizado por Rigon (2013), foram avaliados os processos construtivos que geram impactos ambientais em um condomínio residencial com 18 quadras, formadas por blocos, compostos por 5 a 7 casas germinadas, perfazendo 516 casas de um pavimento e 15 casas de dois pavimentos. O estudo apontou que “as atividades que contém maior percentagem de impactos significativos em relação à quantidade total de impactos significativos são a alvenaria, laje de teto, contrapiso e viga de baldrame e pintura interna e externa.” (RIGON, 2013), conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Processos construtivos que geram impactos ambientais



Fonte: RIGON (2013).

Com base nos princípios da P+L, identificar os processos construtivos que geram resíduos é fundamental para elaborar possibilidades de mudança na fonte a fim de gerar menos resíduos, bem como, planejar um aproveitamento eficiente dos resíduos.

Silva (2014) realizou uma pesquisa em uma central dosadora de concreto do RS onde foi implementada a metodologia de P+L. A pesquisa teve início em abril de 2012 e durou 22 meses sendo finalizada em dezembro de 2013, sendo que os indicadores foram tabuados trimestralmente. Os estudos tiveram enfoque no consumo de areia, brita, cimento, produção de concreto e descartes de equipamento de proteção individual (EPI's). Segundo a pesquisa, Silva (2014) constatou que, apesar das barreiras encontradas, houve redução de 13% no consumo de areia, 8% no consumo da brita e 20% consumo de cimento. Foi observado que essa redução do consumo dos insumos se deu em um período que houve aumento de 47% na produção de concreto. Isto significou que com a implementação da metodologia de P+L, foi possível produzir uma maior quantidade de concreto utilizando menos insumos. O estudo também indicou redução de 92% no descarte incorreto dos EPI's, demonstrando a importância da conscientização da equipe.

Em uma indústria de tintas imobiliárias, Silva (2010) estudou a implementação da metodologia de P+L nos processos produtivos que provocavam impactos ambientais significativos. No estudo, observou-se que mudanças no processo produtivo, com pouco ou nenhum investimento, possibilitou zerar a produção de resíduos em algumas atividades. Nas atividades que não foram possíveis zerar a produção de resíduos, utilizou-se o mesmo para reintegrar ao processo de produção da empresa, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Estudo da implementação da metodologia P+L nos processos produtivos de uma indústria de tintas imobiliárias

Processo	Investimento	Resíduos produzidos antes da P+L	Resíduos produzidos depois da P+L	Resíduos reaproveitados	Economia
Produção de tinta à base de solvente	Não	1.500 L/a	0	sim	R\$3.910,00
Produção de argamassa decorativa a base de cimento.	Sim (baixo)	1,5kg/lote	0,18kg/lote	sim	R\$ 953,34
Produção de produtos base água.	Não	0,46kg/lote	0	sim	R\$1.404,48

Fonte: Silva (2010)

Diante deste cenário, é de fundamental importância para o setor da construção civil otimizar a utilização dos materiais. Para tanto, o método da P+L pode ser adotado com o intuito de auxiliar na implementação de ações efetivas voltadas para a redução do impacto ambiental, pois sua aplicação é capaz de se estender por toda a cadeia produtiva, percorrendo deste os fornecedores de insumos até o canteiro de obras. (REIS *et al.*, 2017).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa refere-se a um estudo de caso que foi desenvolvido em uma empresa do setor da construção civil.

O estudo de caso é o método mais adequado para o delineamento desta pesquisa. Segundo YIN (2010), o estudo de caso é uma ferramenta utilizada para alcançar a compreensão específica de uma determinada situação ou do significado para determinados envolvidos. Logo, o estudo de caso possibilita a penetração em uma realidade, a qual não seria possível alcançar plenamente por um levantamento amostral e avaliação exclusivamente quantitativa. (Martins, 2008). Segundo Miguel (2007), o estudo de caso permite um relato rico e um entendimento integral dos fenômenos em relação aos aspectos de potencial importância para atingir o conhecimento do fenômeno.

Para realizar o estudo foi elaborado primeiramente o referencial teórico, em que utilizou-se para pesquisa as bases de dados disponíveis no portal de periódicos da CAPES e EBSCOHOST (Scielo, Elsevier, GALE, DOAJ etc), a fim de obter um maior número de artigos publicados, sendo utilizado a “busca avançada” para combinar os assuntos de interesse, limitando a pesquisa ao tema desejado.

Sendo assim, foi realizado buscas de referências publicadas a partir do ano de 2010 que possuíssem as seguintes palavras-chaves em inglês: “construction”, “waste of construction”, “structural masonry”, “environmental management”, “*cleaner production*”, e as palavras-chaves em português: “construção civil”, “alvenaria estrutural”, “resíduos da construção civil”, “gestão ambiental”, “produção mais limpa”. Foram incluídos os artigos com delineamento de estudo de caso realizados em canteiros de obras com vistas às etapas construtivas que geram resíduos e formas de minimização da geração destes, bem como aplicação da ferramenta P+L na indústria da construção civil. Artigos que analisaram a caracterização de RCD e reciclagem de RCD foram excluídos.

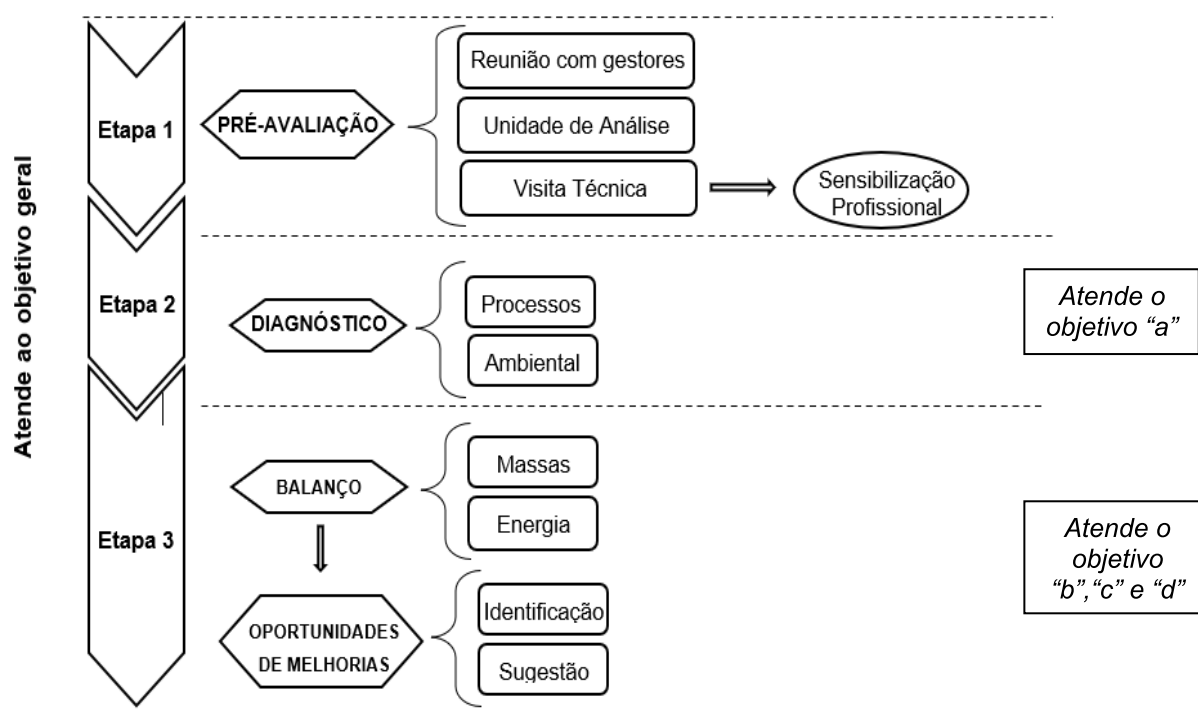
Para realizar o estudo de caso foram utilizados dados obtidos através de visitas técnicas, *in loco*, bem como, análise de documentos referente aos registros dos processos e destinação de resíduos da empresa.

Na avaliação da empresa, foi aplicada uma observação sistemática, analisando os sistemas produtivos, resíduos gerados, insumos consumidos e metodologias construtivas utilizadas.

Em conjunto com a observação, foram realizadas entrevistas informais, com o objetivo de captar a experiência dos funcionários em P+L e possíveis sugestões de melhorias que pudessem ser aplicadas.

O trabalho desenvolvido baseou-se no programa de P+L na busca da minimização dos resíduos, porém não foram cumpridas todas as etapas de implementação do programa de P+L, desenvolvido pela UNIDO/UNEP. A Figura 9 apresenta as etapas desenvolvidas no trabalho, as quais são descritas nos itens subsequentes.

Figura 9 - Fluxograma do estudo da P+L no setor da construção civil



Fonte: Da autora, 2021.

3.1 ETAPA 1 – PRÉ AVALIAÇÃO

A construtora que concedeu acesso ao seu canteiro de obras para aplicação da pesquisa foi a Construfase Construção Civil Ltda. Esta empresa foi fundada na década de 90, é localizada no município de Criciúma/SC, Brasil e atua no planejamento, incorporação e construção de edifícios residenciais. A construtora

possui certificação da ISSO 9001:2015, assim como é certificada pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-h) em nível A, ambos desde 2012.

A etapa de pré-avaliação consistiu em realizar uma breve avaliação dos processos construtivos utilizados pela empresa, a fim de identificar aqueles que apresentam maior geração de resíduos e conseqüentemente maior potencial para a implementação do programa de P+L, para tanto, seguiu-se algumas diretrizes sugeridas pelo programa: reunião com gestores, definição da Unidade de análise e realização de visitas técnicas.

3.1.1 Reunião com gestores

A reunião apresentou aos gestores os principais problemas ambientais relacionados ao setor de construção civil, dando destaque especial para a geração de resíduos, em seguida definiu-se analisar a etapa construtiva de execução da alvenaria. Segundo estudos feitos por Pimentel (2016), os principais resíduos gerados pela construção são a argamassa e os blocos, os quais ocorrem em sua maioria na etapa de execução da alvenaria. Logo, é relevante entender este processo para propor melhorias que contribuam para a minimização dos resíduos.

3.1.2 Unidade de Análise

Atualmente a Construtora possui diversas obras em andamento e em diferentes estágios de construção, portanto, com a atividade de estudo já definida, foi determinado o empreendimento que contemplaria o estudo, bem como a unidade de análise, para isso levou-se em consideração alguns critérios como:

- a) Etapa em que a obra se encontra: Dependendo da atividade analisada não seria possível estudar uma construção em estágio final ou de entrega;
- b) Previsão de término da obra: É importante que a construção tivesse a data de entrega pelo menos 6 meses depois de finalizado o projeto, para que se tivesse tempo de realizar os ajustes necessários.
- c) Engajamento profissional: Encontrar e capacitar uma equipe que compreenda a importância do programa, pois isso facilita o processo de implementação e seu monitoramento.

Assim sendo, com base na etapa construtiva definida e nos critérios para determinação da unidade de análise sugerida pela P+L, definiu-se como unidade de análise, a **execução da alvenaria estrutural da Torre 03** do condomínio residencial/comercial vertical, denominado Residencial Torres de San Telmo, o qual contém 10 pavimentos. No entanto, em março de 2020 foi decretado, por tempo indeterminado, medidas restritivas voltadas para o enfrentamento da pandemia provocada pela COVID-19, o qual impossibilitou a aplicação do estudo na amplitude pré-definida. Dessa forma, para viabilizar o estudo, redefiniu-se a unidade de análise para a execução da alvenaria estrutural de **01 (um) pavimento da Torre 03** com aproximadamente 482m² de área construída.

3.1.2.1 Apresentação do Empreendimento em Estudo

O empreendimento faz parte do Programa Federal Minha Casa Minha Vida e está localizado no Bairro Argentina no município de Criciúma/SC, conforme apresentado na Figura 10

O projeto possui 4 torres de 10 pavimentos, além de uma ampla área de lazer com piscina adulto e infantil, *playground*, quadra poliesportiva e campo gramado de futebol. Cada torre possui 2 elevadores e 01 escada enclausurada. Cada pavimento possui 8 apartamentos de diferentes tamanhos e *layouts*.

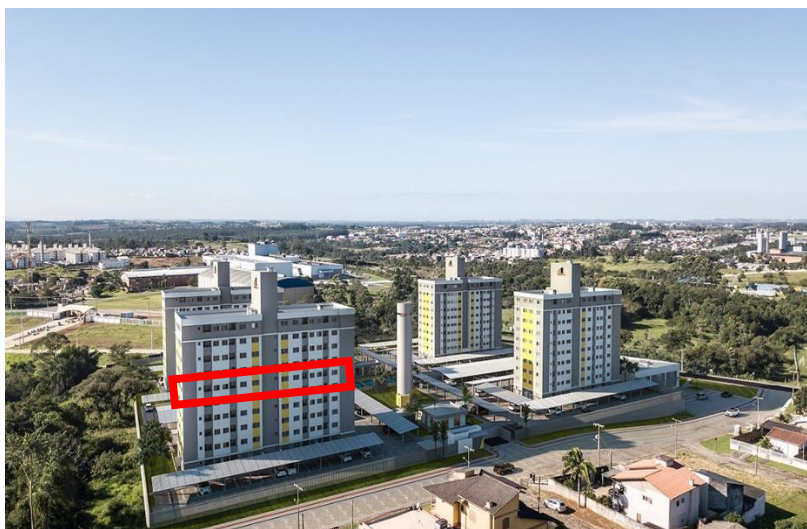
O estudo foi realizado no 6o pavimento da torre 3 (Figura 11). Este pavimento possui 02 apartamentos de 01 dormitório, 04 apartamentos de 02 dormitórios e 02 apartamentos de 03 dormitórios com suíte (Figura 12).

Figura 10 – Localização do Empreendimento em estudo



Fonte: Construfase Construção Civil Ltda., 2019.

Figura 11 – Identificação da torre e do pavimento de estudo



Fonte: Construfase Construção Civil Ltda., 2019.

Figura 12 – Planta humanizada do pavimento em estudo



Fonte: Construfase Construção Civil Ltda., 2019.

3.1.3 Visita Técnica e Estratégia de Levantamento de Dados

A visita técnica possibilitou a pesquisadora conhecer o processo e os subprocessos da execução da alvenaria estrutural, bem como os profissionais envolvidos na execução, além de proporcionar a identificação das falhas de processos que levam à geração de resíduos.

Antes do início da execução do pavimento em estudo foi realizado 3 visitas técnicas que possibilitou a identificação das etapas dos serviços executados bem como a elaboração de fluxogramas para representar graficamente todos os passos

que integram os processos de execução da alvenaria estrutural para melhor análise das atividades que geram resíduos.

Durante essas visitas foi formado o Ecotime, Em função das mão de obra da empresa ser constituída por mão de obra terceirizada e vínculo empregatício, escolheu-se inserir no Ecotime apenas os profissionais com vínculo empregatício, os quais se demonstraram mais interessados em solucionar os problemas. Sendo assim, foram escolhidos para participar do Ecotime: o engenheiro responsável da obra, o coordenador da central de massa, o manipulador de grua e o estagiário. Após a formação do Ecotime foi realizado uma reunião afim de apresentar à equipe os impactos ambientais provocados pela construção civil demonstrando a importância de buscar alternativas para minimização dos resíduos na fonte.

Após o início do pavimento em estudo foi realizado visitas técnicas diárias, durante 25 dias, visto que esse é o tempo de execução da alvenaria de um pavimento. Durante as visitas verificou-se que os materiais levavam cerca de 2h para subir ao pavimento em execução no primeiro horário da manhã e 1h no primeiro horário da tarde, provocando ociosidade de mão de obra. Logo as visitas tiveram que se concentrar neste horário para compreender os motivadores dessa falha de processo.

3.2 ETAPA 2: DIAGNÓSTICO

Esta etapa compreendeu o levantamento quali-quantitativo das matérias primas e insumos que foram utilizados nos subprocessos que envolvem o processo de execução da alvenaria estrutural.

Para Zanella (2009), a coleta de dados compreende vários processos, os quais destaca-se a observação e a análise de documentos. Para coleta dos dados foram utilizados o Caderno de Instrução Técnica (IT), no qual são descritas as atividades realizadas em cada etapa construtiva (Anexo A). Foi também disponibilizado o quantitativo de material estimado em projeto para a execução da alvenaria, o qual está apresentado no Anexo B. A dosagem dos traços utilizados na produção de argamassa de marcação/assentamento e graute também foram cedidos para o cálculo do consumo das matérias primas e estão apresentados nos Anexos C e D. A construtora possui uma planilha de controle de utilização de blocos de concreto por pavimento, a qual foi disponibilizada para o estudo, e está apresentada no Anexo E.

Enquanto método de investigação qualitativa, Zanella (2009) considera comum o uso de entrevistas pois possibilita explorar amplamente um assunto. Mónico *et al.* (2017) recomendam a utilização da observação participante, pois esta “possibilita obter uma perspectiva holística e natural dos materiais a serem estudados”. Por esta razão, estar no canteiro possibilitou a identificação, a análise e quantificação das matérias primas e insumos utilizados no processo de execução de alvenaria estrutural, bem como a indicação de oportunidades de melhorias.

3.2.1 Diagnóstico Ambiental e de Processos

O diagnóstico de processos teve como objetivo analisar qualitativamente o processo de execução da alvenaria estrutural, compreendendo todos os subprocessos e atividades envolvidas, matérias primas utilizadas e resíduos gerados no processo de execução da alvenaria. Para tanto, foi realizado a análise do caderno de Instruções Técnicas disponível no canteiro de obras e a análise do fluxo do processo construtivo da alvenaria, praticado em canteiro. As informações coletadas serviram como base para a elaboração do fluxograma de processos, bem como, para a elaboração do diagrama de entradas e saídas a fim de levantar informações sobre as matérias primas utilizadas e os resíduos gerados ao longo do processo construtivo. Para elaborar o diagrama de entradas e saída foi utilizado a Tabela 2, em cuja planilha serão relacionadas as matérias primas consumidas (entradas) bem com os resíduos gerados (saídas) em cada processo e/ou subprocesso executados durante a etapa de execução da alvenaria estrutural.

Tabela 2 – Modelo do diagrama de entradas e saídas

PROCESSO/SUBPROCESSO	ENTRADAS	SAÍDAS

Fonte: Da autora, adaptado da ferramenta P+L (2021).

Os dados levantados no diagnóstico de processos juntamente com os quantitativos de materiais concedidos pela construtora, serviram de base para a realização do diagnóstico ambiental.

Por meio do diagnóstico ambiental foi possível mensurar o consumo de matéria prima, bem como, a geração de resíduos e efluentes da etapa construtiva

em estudo. Estes dados auxiliaram na tomada de decisões para a implementação do programa de P+L.

Para explicar a metodologia utilizada na coleta dos dados deste estudo ela foi dividida em 4 subitens: Energia elétrica e água utilizados durante o processo de execução da alvenaria estrutural, subprocesso de suprimento dos blocos, de produção de argamassas e produção de graute. Visto que o consumo de energia elétrica e água ocorre durante toda a etapa de execução da alvenaria, estes foram apresentados em subtítulos individuais a fim de facilitar a compreensão dos cálculos.

Os dados foram coletados em março/2021, durante a execução de um pavimento, o qual levou cerca de 15 dias desde a marcação até o grauteamento da cinta, tendo sempre o final dos turnos como referência (11h às 12h e 16h às 17h). A escolha do horário se deu em função deste apresentar menor produtividade e conseqüentemente maior desperdício.

3.3 ETAPA 3 – BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DOS PROCESSOS

Esta etapa compreendeu o balanço de massa e energia dos processos o qual contém um levantamento dos dados quantitativos mais detalhados das atividades selecionadas como o foco do estudo da etapa anterior.

3.3.1. Energia Elétrica

Para o cálculo do consumo da energia elétrica foram coletados os dados de cada equipamento, incluindo a potência. A Potência é fornecida em kW (quilowatt), portanto deve ser convertida para kWh (quilowatt-hora) para se conhecer quanto de energia é consumido pelo equipamento por hora e após multiplicar pela quantidade de horas em que a máquina funcionou.

É sabido que os equipamentos não operam 100% durante um dia de trabalho de 9h, sendo assim, nem sempre é possível mensurar o tempo exato que o equipamento operou, portanto foi considerado o Fato de Demanda (F_d), baseado na Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 da ANEEL, para estimar de maneira mais realista o consumo de energia da grua e da esmerilhadeira, o qual está representado na Tabela 3, juntamente com as potências dos equipamentos.

Tabela 3 - Fator de demanda pela Potência do Equipamento

Equipamento	Potência (kW)	Fd*
Grua	2,6	0,83
Esmerilhadeira	22,5	0,85

*Resolução Normativa n.414 - 09/10 -ANEEL

Fonte: Da autora (2021)

O cálculo de consumo de energia elétrica da grua e da esmerilhadeira foi realizado em 3 etapas, apresentados nas Equações 1, 2, e 3.

1ª etapa: Consumo de energia elétrica em 1h:

$$E = P * t * F_d \quad (1)$$

(kWh)(kW)(1h)(adimensional)

2ª etapa: Consumo de energia elétrica diário (9h de trabalho):

$$E_d = E * t \quad (2)$$

(kWh) (kW) (9h)

3ª etapa: Consumo de energia por pavimento (15 dias):

$$E_p = E_d * d \quad (3)$$

(kWh) (kW) (15dias)

O tempo de operação da betoneira foi mensurado por meio da multiplicação entre o tempo de mistura dos materiais de argamassa/graute, e o número de vezes que foi utilizada a betoneira para a mistura de cada traço durante a execução do pavimento.

O tempo de mistura de cada traço foi fornecido pelo responsável da central de massas, sendo 10 minutos para a mistura das argamassas e 6 minutos para a mistura do graute.

O número de vezes que cada traço foi produzido, foi definido baseado no monitoramento realizado no canteiro de obras. Foi fornecido ao profissional responsável da central de massas uma planilha para que fosse registrada a quantidade de traços produzidos diariamente para atender o pavimento em estudo. A planilha preenchida está no Anexo F.

Portanto, o cálculo de consumo de energia elétrica da betoneira foi realizado em 2 etapas, apresentados nas Equações 4 e 5.

1ª etapa: Consumo de energia elétrica em 1h:

$$E = P * t \quad (4)$$

(kWh) (kW) (1h)

2ª etapa: Consumo de energia elétrica por atividade:

$$E_a = E * T_a \quad (5)$$

(kWh) (kW) (h)

3.3.2 Água

A água é utilizada em grande parte dos serviços de engenharia, às vezes como componente (em concretos, argamassas, compactação de aterro) e outras como ferramenta (limpeza de equipamentos, resfriamento e cura do concreto). Na produção de argamassa, o uso da água é imprescindível, pois é ela que em contato com o cimento forma uma pasta mais ou menos fluida que envolve as partículas de agregados, conferindo boa trabalhabilidade e boa aderência ao substrato, características essas que facilitam o assentamento dos blocos (HANAI, 2005).

O uso da água é imprescindível também na limpeza dos equipamentos (betoneira, caixa masseira, colher de pedreiro etc.), pois preserva a qualidade das próximas misturas e assegura maior vida útil aos equipamentos. No entanto, a água da limpeza acaba se tornando um efluente.

O volume de água para produção da argamassa é determinado em projeto. O projeto sugere o volume de água para areia úmida (quando a areia está molhada pela chuva) e para areia seca. Durante a execução da alvenaria o tempo encontrou-se ensolarado, desta forma utilizou-se o volume de água de projeto para areia seca. O volume de água utilizado para a limpeza das betoneiras e das caixas masseiras foi coletado junto ao profissional responsável da central de massas, o qual também informou o número de vezes que a betoneira e as caixas masseiras são lavadas por dia. Essas informações estão apresentadas em detalhes na Tabela 4.

Tabela 4 - Volume de água utilizado em traços e lavagem de equipamentos

SDUBPROCESSO		VOLUME DE ÁGUA (L)			NÚMERO DE LAVAGEM (vezes/dia)	
		Traço (L)	Lavagem Betoneira (L)	Lavagem Caixa Masseur (L)	Lavagem Betoneira	Lavagem caixa masseira
Argamassa	Marcação	20,00	150,00	20,00	1,00	5,00
	Assentamento	20,00	150,00	20,00	1,00	5,00
Graute		18,00	150,00	20,00	1,00	5,00

Fonte: Da autora (2021).

Com as informações descritas na tabela 4 foi possível calcular o consumo de água para cada subprocesso ($CA_{\text{subprocesso}}$), os quais foram realizados em 4 etapas, apresentadas nas Equações 6, 7, 8 e 9.

1ª etapa: Consumo de água para produção de argamassa/graute:

$$CA_{\text{produção}} = (N_{\text{traço}} * V_{\text{água}}) / 1000 \quad (6)$$

Onde: $CA_{\text{produção}}$: Consumo de água na produção (m^3)

$N_{\text{traço}}$: Número de vezes que o traço foi rodado para produzir a quantidade de argamassa necessária para a execução da atividade

$V_{\text{água}}$: Volume de água de projeto utilizada no traço (L)

2ª etapa: Consumo de água para limpeza da betoneira:

$$CA_{\text{limpezaB}} = VL_{\text{água}} * NL_{\text{betoneira}} * P_{\text{alv}} \quad (7)$$

Onde: CA_{limpezaB} : Consumo de água para limpeza da betoneira (m^3)

$VL_{\text{água}}$: Volume de água utilizado na limpeza (m^3)

$NL_{\text{betoneira}}$: Número de lavagens de betoneira por dia (dia)

P_{alv} : Período de execução da alvenaria

3ª etapa: Consumo de água para limpeza da caixa masseira:

$$CA_{\text{limpezaC}} = VL_{\text{água}} * NL_{\text{cm}} * P_{\text{alv}} \quad (8)$$

Onde: CA_{limpezaC} : Consumo de água para limpeza da caixa masseira (m^3)

NL_{cm} : Número de lavagens de caixa masseira por dia (dia)

$VL_{\text{água}}$: Volume de água utilizado na limpeza (m^3)

P_{alv} : Período de execução da alvenaria

4ª etapa: Consumo total de água do subprocesso:

$$CA_{\text{subprocesso}} = CA_{\text{produção}} + CA_{\text{limpezaB}} + CA_{\text{limpezaC}} \quad (9)$$

Onde: $CA_{\text{subprocesso}}$: Consumo total de água do subprocesso (m³)

$CA_{\text{produção}}$: Consumo de água na produção (m³)

CA_{limpezaB} : Consumo de água para limpeza da betoneira (m³)

CA_{limpezaC} : Consumo de água para limpeza da caixa masseira (m³)

3.3.3 Subprocesso de suprimento dos blocos

O subprocesso de suprimento dos blocos é responsável por montar o palete de blocos, no setor de estoque e transportá-lo para a laje em execução. Neste subprocesso também se distribui os paletes sobre a laje de maneira a facilitar o manuseio dos blocos, além de fazer os recortes da janela de inspeção dos blocos para posterior assentamento.

O cálculo do consumo de energia da grua utilizada no transporte dos paletes e da esmerilhadeira utilizada no recorte dos blocos está descrito no subitem 3.2.1.1 Energia Elétrica.

Para a realização dos cálculos de consumo de matérias primas e geração de resíduos provenientes do subprocesso de suprimento de blocos, foi utilizado o quantitativo de blocos estimados em projeto para a execução da alvenaria, a qual está apresentada no Anexo B, bem como, a planilha de controle de utilização de blocos de concreto por pavimento, que está apresentada no Anexo E, ambas disponibilizadas pela construtora. As Equações 10 e 11 foram utilizadas para calcular os resíduos oriundos da quebra de blocos e da sobra de paletes.

$$RQ_{\text{blocos}} = NB_{\text{execução}} - NB_{\text{projeto}} \quad (10)$$

Onde: RQ_{blocos} : Resíduos de blocos oriundo da quebra (unidade)

$NB_{\text{execução}}$: Número de blocos utilizados na execução (unidade)

NB_{projeto} : Número de blocos previsto em projeto (unidade)

$$RP = NB_{\text{execução}} / NB_{\text{pallet}} \quad (11)$$

Onde: RP : Resíduos de paletes (unidade)

$NB_{execução}$: Número de blocos coletados durante a execução (unidade)

$NB_{projeto}$: Número de blocos previsto em projeto (unidade)

Para os resíduos provenientes dos recortes das janelas de inspeção dos blocos, primeiramente foram coletadas as informações “in loco” do número de janelas de inspeção que contêm em um pavimento, a dimensão, a área, o volume da janela de inspeção e o peso específico do bloco, os quais estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Dados referente aos recortes das janelas de inspeção

Janelas de inspeção				Bloco
N. janelas no pvto (unidade)	Dimensão (cm)	Área (cm ²)	Volume (cm ³)	Peso específico (kg/cm ³)
640	10x13	130	195	0,0038

Fonte: Da autora (2021).

Em posse desses dados, foi possível calcular a quantidade de resíduos gerados no corte de blocos, por meio da equação 12.

$$RB_{janela} = \gamma_{bloco} * V_{janela} * N_{janela} \quad (12)$$

Onde: RB_{janela} : Resíduos de blocos da janela de inspeção (kg)

γ_{bloco} : Peso específico do bloco (kg/cm³)

V_{janela} : Volume do resíduo de uma janela de inspeção (cm³)

N_{janela} : Número de janelas de inspeção existentes no pavimento.

3.3.4 Subprocesso de produção de argamassas e graute

O subprocesso da produção das argamassas e graute é responsável por produzir tais materiais, conforme determinação de projeto e levá-los até a laje em execução.

O cálculo de energia elétrica consumida pela betoneira e de água utilizada na produção dos materiais e limpeza dos equipamentos, assim como os efluentes gerados, estão descritos no subitem 3.2.1.1 Energia Elétrica e 3.2.1.2 Água, respectivamente.

Para a realização dos cálculos de consumo de matéria prima, primeiramente foi coletado junto à construtora os traços de argamassa e/ou graute determinados em projeto, os quais estão apresentados nos Anexos C e D. Em seguida, buscou-se nas Fichas de Informação e Segurança de Produtos Químicos (FISPQs) as massas específicas dos insumos utilizados para a produção dos traços, os quais estão apresentados nos Anexos G, H, I e J. Buscou-se, também, a Ficha Técnica da caixa masseira para conhecer o seu volume, sendo apresentada no Anexo K. Posteriormente foi realizado o cálculo para determinar o consumo de insumos em 3 etapas, apresentados nas Equações 13, 14 e 15.

1ª etapa: Volume real de argamassa produzida

$$V_{rm} = V_{cm} * N_{tp} \quad (13)$$

V_{rm} = Volume real de massa produzida (m^3)

V_{cm} = Volume da caixa masseira (m^3)

N_{tp} = Número de vezes que o traço foi produzido durante a execução da etapa construtiva em estudo.

2ª etapa: Consumo de cimento no traço projetado

$$C_{cimento} = \frac{V_{argamassa}}{\frac{1}{\delta_c} + \frac{a}{\delta_a} + \frac{b}{\delta_b} + \frac{cal}{\delta_{cal}} + \frac{ad}{\delta_{ad}} + \frac{x}{\delta_x}} \quad (14)$$

Onde: **$C_{cimento}$** : Consumo de cimento (kg)

$V_{argamassa}$: Volume da argamassa utilizada (m^3)

$V_{água}$: Volume de água de projeto utilizada no traço (m^3)

$\delta_c, \delta_a, \delta_b, \delta_{cal}, \delta_{ad}$ e δ_x : Massa específica real do cimento, areia, brita, cal, aditivo e água (kg/m^3)

$1:a:b:cal: ad: x$: Traço da argamassa e/ou graute (kg)

3ª etapa: Consumo de demais componentes da argamassa e/ou graute

$$C_{componente} = C_{cimento} * T_{componente} \quad (15)$$

Onde: **$C_{componente}$** : Consumo do componente do traço (kg)

Cimento: Consumo de cimento (kg)

T_{componente}: Traço do componente

Para a realização dos cálculos de resíduos de argamassa e/ou graute gerados durante o processo construtivo foi realizada a subtração entre o volume real de argamassa e/ou produzida (apresentada na Equação 13) e o volume de argamassas e/ou graute estimado em projeto para a execução do pavimento em estudo (Anexo B).

Para a pesagem dos resíduos de papel e plástico foi utilizada uma balança de bancada da marca Toledo modelo PRD0270 com capacidade máxima de 300kg e mínima de 50g.

Como já são sabidas a dimensão da janela de inspeção e quantas são executadas no pavimento foi possível calcular o consumo de madeira utilizada para fechamento das janelas de inspeção, conforme apresentado na Equação 16. Durante as visitas técnicas constatou-se que 90% das madeiras utilizadas para fechamento da janela de inspeção era reutilizada no pavimento superior, logo considerou-se como resíduos 10% do consumo de madeira.

$$M = (1,25 * A) * N_{janelas} \quad (16)$$

Onde: *M*: Consumo de madeira (m²)

A: Área da janela de inspeção (m²)

N_{janela}: Número de janelas de inspeção

Para quantificar o consumo de pregos utilizados na fixação da janela de inspeção considerou-se 4 pregos para cada janela, de acordo com a Equação 17. Observou-se que os pregos são descartados após o uso.

$$P = 4 * N_{janela} \quad (17)$$

Onde: *P*: Consumo de pregos (m²)

N_{janela}: Número de janelas de inspeção

3.4 ETAPA 3: OPORTUNIDADES DE MELHORIAS

Alicerçada na análise das informações levantadas, esta etapa compreendeu na identificação dos principais problemas encontrados durante o processo de execução da alvenaria estrutural (possíveis desperdícios de materiais,

procedimentos operacionais inadequados, entre outros), bem como a determinação das oportunidades de melhorias de P+L para, posteriormente, criar estratégias ou ações de minimização dos resíduos gerados.

3.4.1 Identificar as oportunidades de melhorias

A identificação das oportunidades de melhorias consistiu em descrever as problemáticas observadas durante acompanhamento do processo produtivo e realização de diagnóstico ambiental e propor oportunidades de melhoria de P+L para minimização de resíduos.

Os parâmetros utilizados para a escolha das oportunidades estão descritos abaixo e foram adotados baseados nas rotinas vivenciadas na empresa.

- a. **Priorização de oportunidades proposto pelo CNTL.**
- b. **Oportunidades de maior interesse:** Tendo em vista o grau de instrução da mão de obra de um canteiro de obras, optou-se por oportunidades de melhorias que sejam fáceis de executar, que modifiquem pouco as técnicas já praticadas, contribuindo para que a estratégia seja aderida.
- c. **Custos e prazos:** O canteiro de obras é uma área de trabalho temporária, no qual serão realizadas diversas atividades, a fim de executar uma obra. O empreendimento em estudo tem o prazo de 3 anos para concluir suas atividades, e este é o prazo médio para os empreendimentos desta construtora. Desta forma é imprescindível que as oportunidades de melhorias sugeridas não levem muito tempo para serem implementadas. Desta forma, foi determinado os prazos de implementação das oportunidades conforme apresentado no Quadro 6:

Quadro 6 – Definição de custos e prazos para a implementação das oportunidades de melhorias

INVESTIMENTOS		
BAIXO	MÉDIO	ALTO
Até R\$ 1.000,00	De R\$ 1.000,00 até R\$ 5.000,00	De R\$ 5.000,00 até R\$ 10.000,00
CURTO	MÉDIO	LONGO
3 meses	3 A 6 meses	6 meses ou mais

Fonte: Da autora (2021).

Valle (1995) descreve que deve ser dada especial atenção aos pontos críticos dos sistemas que geram maior quantidade de resíduos e ao controle dos processos produtivos que apresentam desvios em sua eficiência, gerando mais resíduos do que originalmente estimado.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos nas etapas descritas da metodologia, buscando atingir os objetivos do estudo.

4.1 ETAPA 2 – DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS E AMBIENTAL

Neste item são apresentadas as informações relativas aos processos que compreendem a execução da alvenaria estrutural, assim como a observação sobre os fatores operacionais.

Segundo Azevedo (2016), mapear o processo produtivo exige observação e descrição da execução do trabalho, com o intuito de revelar de forma realista e precisa todo processo. O autor ainda aponta que o fluxograma proporciona uma melhor análise da situação atual e contribui para o sucesso das possíveis interferências para a melhorias.

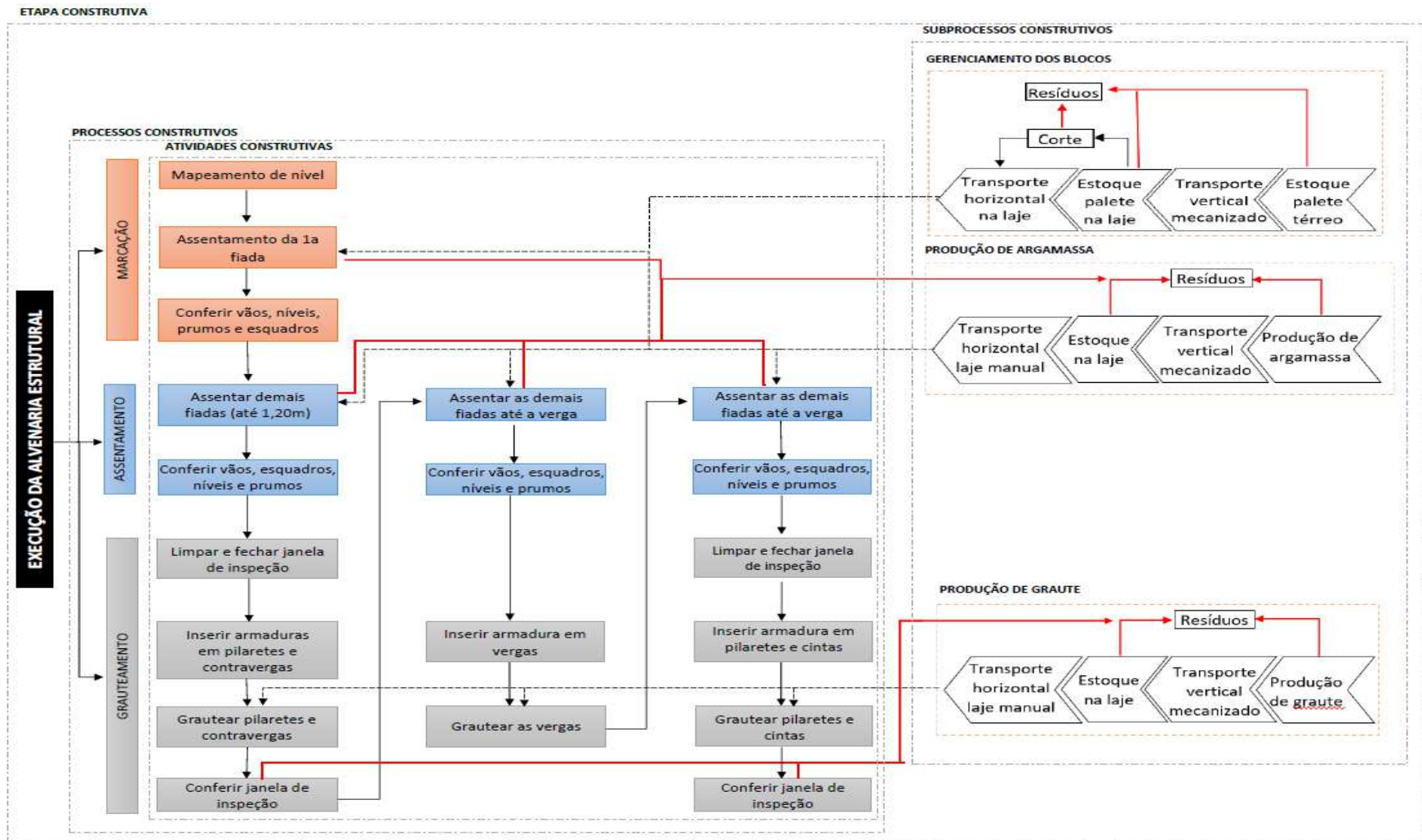
Desta forma, foi utilizado o fluxograma para representar os processos construtivos que compõem a execução da alvenaria. Foi realizada uma análise detalhada do processo, objetivando um melhor conhecimento dos fluxos qualitativos de matérias-primas, água, energia no processo produtivo e visualização da geração de resíduos.

4.1.1 Processo de execução da alvenaria estrutural

Em concordância com o apresentado por Ritcher (2007), durante o estudo foi identificado que a etapa de execução da alvenaria estrutural é dividida basicamente em 3 processos, são eles: marcação, assentamento e grauteamento. Tais processos possuem, pelo menos, 8 principais atividades distintas envolvidas que se repetem ao longo dos processos. Os processos dependem diretamente de 3 subprocessos que são realizados paralelamente, são eles: o suprimento dos blocos, a produção de argamassa e a produção de graute. Cada subprocesso é composto por, pelo menos, 5 atividades distintas. O Fluxograma de processos da etapa de execução da

alvenaria estrutural está apresentado na Figura 13. Cada processo, subprocesso e atividades envolvidas na etapa de execução da alvenaria estrutural estão descritas a seguir.

Figura 13 – Fluxograma de processos de execução da alvenaria estrutural



Fonte: Autor (2021)

A fim de proporcionar um melhor entendimento do fluxo necessário para executar a etapa de alvenaria estrutural do pavimento em estudo, foi apresentado nos itens a seguir, uma descrição detalhada de cada processo, subprocesso e atividades envolvidas nesta etapa construtiva.

4.1.1.1 Processo de marcação da alvenaria

A Marcação da alvenaria é o processo responsável pelo assentamento da primeira fiada dos blocos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010, p. 14) menciona que é extremamente importante a locação e o posicionamento da primeira fiada, tendo em vista que a marcação tem como objetivo o nivelamento das paredes em relação às imperfeições do piso de concreto e o esquadro das paredes, bem como a determinação da posição dos shafts, eletrodutos, aberturas e dimensões dos cômodos. Para isso, Sabbatini (2003) ressalta que a marcação da alvenaria deve seguir um projeto que especifique precisamente a posição de todos os blocos da primeira fiada, com cotas acumuladas, além de utilizar os equipamentos adequados para a correta execução. Este processo é composto de três atividades:

- a) **Mapeamento de nível:** É a atividade utilizada para determinar diferenças de nível entre dois ou mais pontos para posterior nivelamento. Para isso percorre-se o pavimento na direção das paredes, com uma trena e nível, e determina-se o ponto mais alto. Transfere-se esse nível para os pontos de referência (as esperas das barras de aço das paredes externas do pavimento inferior (Fotografia 1)). Por meio das diferenças de altura se encontra o nível e fixa o fio de nylon em cada referência (Fotografia 2). Assim obtém-se o nível e alinhamento das paredes. Com o auxílio de spray marcador marca-se as linhas limitantes dos lados da parede (Fotografia 3). Nos encontros das linhas verifica-se a perpendicularidade delas.

Fotografia 1 - Nível marcado nas barras de aço de espera.



Fonte: Autor (2021)

Fotografia 2 - Alinhamento e nível das paredes.



Fonte: Autor (2021)

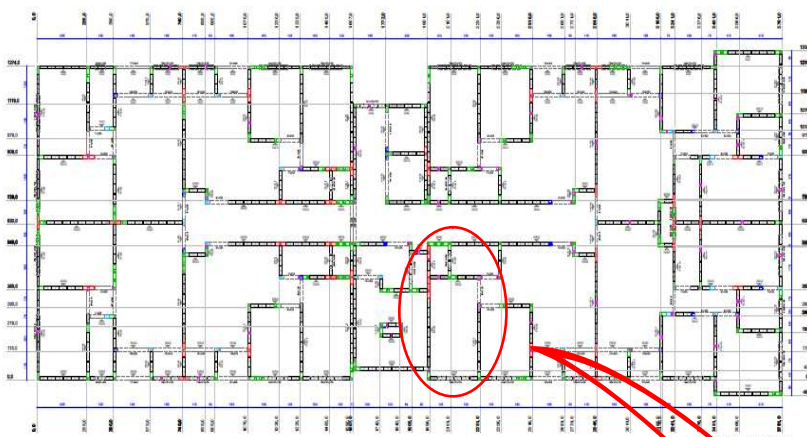
Fotografia 3 - Marcação das linhas limitantes da parede



Fonte: Autor (2021)

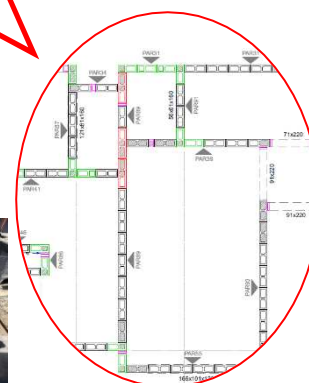
- b) **Assentamento da 1ª fiada:** É a atividade de posicionamento da primeira fiada de blocos de forma alinhada e no esquadro, respeitando rigorosamente o projeto modular. Esta será a referência para as demais fiadas. Sendo assim, utiliza-se esquadro de alumínio de braço longo, trena metálica, prumo de face, régua de alumínio com bolhas de nível nas duas direções etc. Após a limpeza da base e em posse do projeto de modulação da primeira fiada (Figura 14 e 15), inicia-se a marcação com o assentamento dos “blocos-chave” nos encontros entre paredes da fachada (Fotografia 4 e 5) e segue pelas paredes internas principais, incluindo paredes de geminação entre apartamentos, paredes de elevadores, de caixas de escada, de separação com áreas comuns e outras. Nas cotas onde serão os pilaretes grauteados, são assentados blocos com janelas de inspeção (Fotografia 5), estas servem para verificar se o graute preencheu completamente o pilarete.

Figura 14 - Planta de modulação da primeira fiada



Fonte: Construtora Construfase Ltda (2021)

Figura 15 - Detalhamento da posição dos “blocos-chaves”



Fotografia 4 - Assentamento de “blocos-chaves” nos encontros entre paredes



Fonte: Autor (2021)

Fotografia 5 - e janelas de inspeção do graute.



Fonte: Autor (2021)

- c) Conferência: É a atividade que verifica se as medidas dos cômodos e as cotas acumuladas, estão de acordo com o projeto. Nesta atividade também é aferido nível, esquadros, prumos e vãos.

Os materiais utilizados para a execução do processo de marcação da alvenaria estrutural são as unidades de alvenaria (blocos de concreto ou cerâmico vazados) e a argamassa. O gerenciamento e a produção desses materiais foram denominados de subprocessos. O processo de marcação da alvenaria estrutural depende diretamente desses subprocessos, os quais ocorrem simultaneamente ao processo.

4.1.1.1.1 Subprocesso de suprimento de blocos

Este subprocesso ocorre durante o processo de marcação e o processo de assentamento da alvenaria, pois devido a diversidade de blocos e ao espaço limitado da laje não é possível acomodar de uma só vez todos os blocos que serão utilizados para a execução completa da alvenaria. Deste modo, o subprocesso de suprimento de blocos tem a missão de nunca deixar faltar blocos na laje em execução, além de ter que dispor os blocos solicitados sempre próximo aos profissionais solicitantes, sem prejudicar a circulação na laje.

No empreendimento em estudo os blocos de concreto ficam estocados próximo à grua, conforme apresenta a Fotografia 6, para facilitar seu transporte.

Fotografia 6 - Estoque de paletes de blocos de concreto



Fonte: Autor (2021)

Os paletes de blocos chegam na obra com 96 blocos cada, no entanto é necessário remodelar os paletes para 64 blocos cada, a fim de atender a resistência da grua. Depois de montado, os paletes de blocos são transportados verticalmente por grua até a laje de trabalho e são distribuídos na laje de acordo com a distribuição do projeto e a necessidade dos pedreiros (Fotografia 7).

Na primeira e na oitava fiada é necessário assentar blocos com janelas de inspeção onde serão os pilaretes, para verificação do completo preenchimento do graute e assim evitar fragilidade na estrutura. Para isso são feitos cortes com

dimensão de 10x10cm nos blocos, com esmerilhadeira de disco de corte diamantado segmentado (Fotografia 8) e em seguida carregado manualmente até os pedreiros.

Fotografia 7- Distribuição dos paletes de blocos na laje de trabalho



Fonte: Autor (2021)

Fotografia 8 - Corte das janelas de inspeção nos blocos



Fonte: Autor (2021)

4.1.1.1.2 Subprocesso de produção de argamassa

É o subprocesso de estoque, produção e manejo de argamassas para assentamento dos blocos.

Neste subprocesso são produzidos dois tipos de argamassa: argamassa de marcação, que é utilizada na atividade de assentamento de blocos da primeira fiada, e a argamassa de assentamento, que é utilizado na atividade de assentamento de blocos das demais fiadas.

Assim como apresentado por Reis (2016), foi utilizado um traço diferenciado para assentar os blocos de marcação, pois esta atividade necessita de uma argamassa com capacidade de absorver deformações por compressão e possuir boa resistência à tração, bem como apresentar boa aderência ao substrato. Dessa forma, no empreendimento em estudo, o traço utilizado para assentar a alvenaria de marcação foi 1:4, ou seja, uma padiola de cimento para 4 padiolas de areia média e adiciona-se ainda, 200ml de aditivo Bianco (Anexo C).

Já para a argamassa de assentamento das demais fiadas utilizou-se o traço 1:0,5:5, ou seja, uma padiola de cimento para 0,5 padiola de cal e 5 padiolas de areia fina. (Anexo C)

Esse subprocesso é composto por 4 atividades, são elas:

- a) Produção de argamassa:** Após a conferência do traço, mede-se os agregados e aglomerante em padiolas, o aditivo em um copo plástico e a água em balde, e mistura-se na betoneira por 5min (Fotografia 9-a).
- b) Transporte vertical mecanizado:** Após a mistura da massa, acondiciona-se a argamassa na caixa masseira (Fotografia 9-b) que em seguida é transportada verticalmente por grua até a laje de trabalho.
- c) Estoque na laje:** A caixa masseira que chega na laje é acomodada próximo aos trabalhadores (Fotografia 9-c)
- d) Transporte horizontal na laje:** Os trabalhadores utilizam um vasilhame de plástico para transportar da caixa masseira para o tacho de pneu reciclado (Fotografia 9-d) pequenas quantidades de massa que serão utilizados por meio de colher de pedreiro ou palheta para assentar os blocos.

Fotografia 9 - Imagens do processo da argamassa

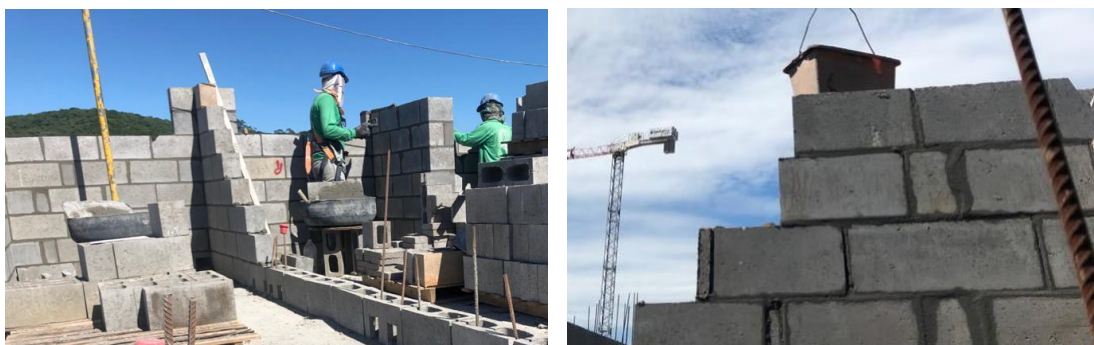


Fonte: Autor (2021)

4.1.1.2 Processo de Assentamento

É o processo de posicionamento dos blocos das demais fiadas que compõe a alvenaria, o qual deve obedecer ao projeto de modulação. (MOHAMED, 2015; REIS, 2016). Sendo assim a alvenaria é elevada em cada canto e encontro de parede de maneira escalonada, com amarração dos blocos tipo “castelinho” e fazendo a interpenetração dos blocos contra-fiados de acordo com o projeto (Fotografia 10). Nesta etapa o “castelinho” é nivelado e colocado no prumo. Em seguida, realiza-se o fechamento entre castelinhos com o auxílio de uma linha entre as extremidades para manter a altura da fiada e o prumo da parede.

Fotografia 10 - Assentamento da alvenaria tipo castelinho



Fonte: Autor (2021)

Assim como ocorre no processo de marcação, o processo de assentamento também depende diretamente de dois subprocessos, o subprocesso de suprimento de blocos e o subprocesso de produção de argamassa, os quais foram descritos nos itens 4.2.2.1 e 4.2.2.2, respectivamente.

4.1.1.3 Processo de Grauteamento

É o processo de preenchimento com graute dos vazados verticais dos blocos que formarão os pilaretes, os quais tem a função de permitir que a estrutura trabalhe conjuntamente com a alvenaria, aumentar a resistência a compressão, bem como impedir a corrosão da armadura. (SABATINI, 2003).

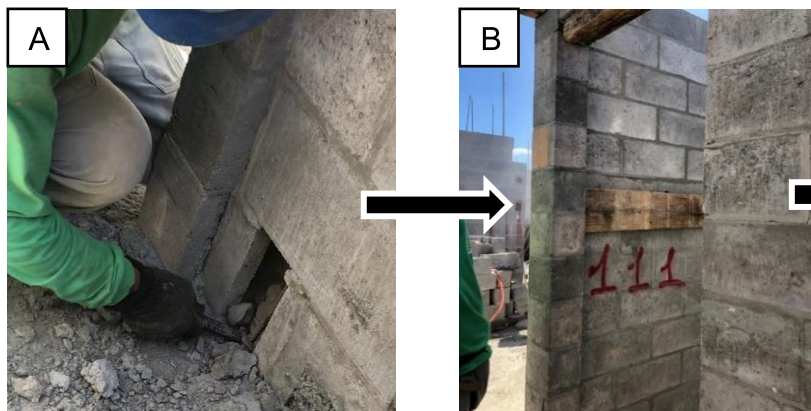
Para evitar falhas de concretagem (bicheiras) nos pilaretes, é recomendado que este ocorra juntamente com o levante da alvenaria. Dessa forma, o processo de grauteamento ocorre da seguinte forma:

- a) Limpeza e fechamento da janela de inspeção:** Levanta-se a alvenaria até a altura do peitoril (aproximadamente 1,20m), realiza-se a limpeza e o fechamento das janelas de inspeção (Fotografia 11-a);
- b) Inserção da armadura:** Em seguida faz-se a inserção e amarração da armadura;
- c) Grauteamento:** Realiza-se o grauteamento nos pilaretes e contravergas.
- d) Conferência das janelas de inspeção:** É necessário sempre conferir se o graute atingiu o ponto mais baixo do pilarete, evitando, assim falhas de concretagem, por esse motivo, após o grauteamento abre-se a janela de inspeção para verificar o total preenchimento dos pilaretes.

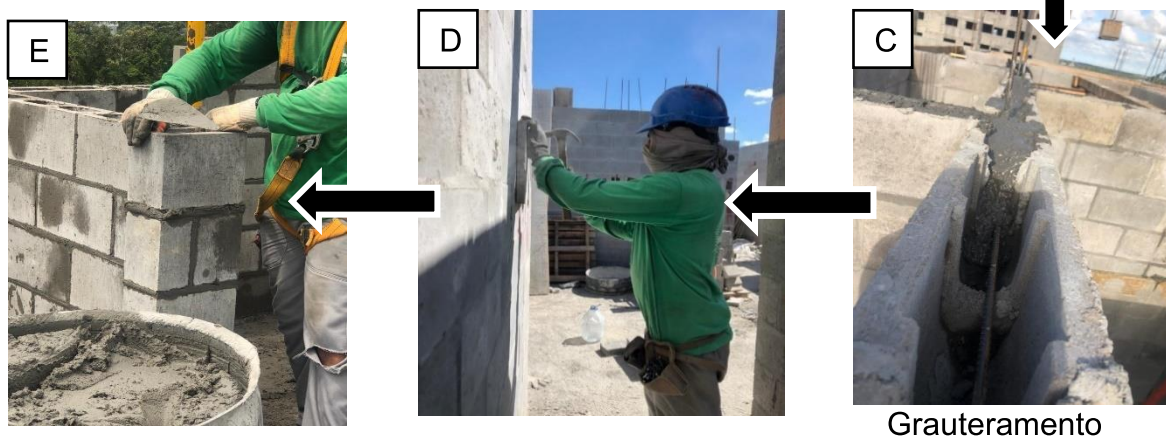
e) **Assentamento:** Essas atividades se repetem até atingir a cinta de respaldo (h=2,88), conforme apresenta a Fotografia 11.

Fotografia

Processo



11 -
de



Fonte: Autor (2021)

O processo de grauteamento depende diretamente do subprocesso de produção de graute, os quais ocorrem simultaneamente ao processo.

4.1.1.3.1 Subprocesso de graute

É o subprocesso de produção, manejo e estoque de graute para os pilares, vergas, contravergas e cinta de respaldo.

No empreendimento em estudo, o traço utilizado para a produção de graute é 1,5:2:2, ou seja, uma padiola e meia de cimento para 2 padiolas de areia média, 2 padiolas de pedrisco e adiciona-se ainda, 100ml de aditivo Liquical.

Esse subprocesso é composto por 4 atividades, são elas:

- a) **Produção de graute:** Após a conferência do traço, mede-se os agregados e aglomerante em padiolas, o aditivo em um copo plástico e a água em balde, e mistura-se na betoneira por 10min;
- b) **Transporte vertical mecanizado:** Após a mistura da massa, acondiciona-se a argamassa na caixa masseira que em seguida é transportada verticalmente por grua até a laje de trabalho;
- c) **Estoque na laje:** A caixa masseira que chega na laje é acomodada próximo aos trabalhadores;
- d) **Transporte horizontal na laje:** Os trabalhadores utilizam um vasilhame de plástico para transportar o graute da caixa masseira até o local onde será grauteado.

A resistência final da alvenaria, bem como outras características fundamentais são dependentes da composição entre os materiais, logo, é imprescindível que cada processo e subprocesso sejam bem executados. (RITCHER, 2007).

4.1.2 Diagnóstico Ambiental e de Processos

Com base na análise do fluxograma de processos de execução da alvenaria apresentado na Figura 14, pôde-se observar que os subprocessos são os principais responsáveis pelo consumo dos insumos e pela geração de resíduos, tendo em vista que são os subprocessos que fornecem os principais materiais para que processos da alvenaria sejam executados.

Segundo Chan (2014), a geração de resíduos é o resultado da ineficiência do processo produtivo, os quais, os resíduos (saídas) são matérias-primas (entradas) não aproveitadas que estão sendo desperdiçadas.

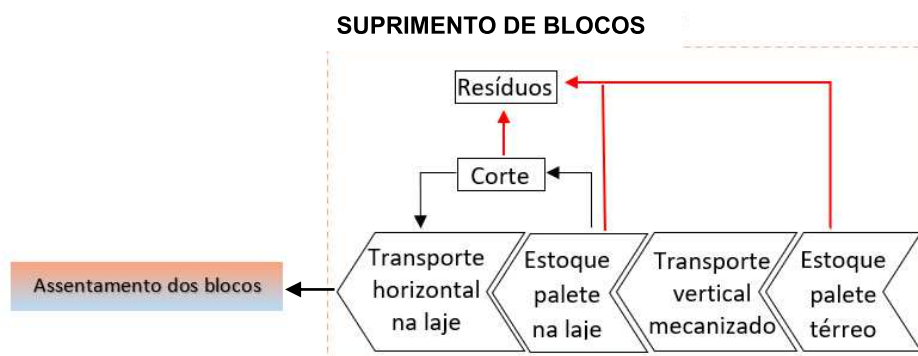
Dessa forma, seguindo os conceitos de P+L apresentado por Luz et al (2014), o qual diz que a P+L propõe avaliar as entradas (matérias-primas) e saídas (produtos e/ou resíduos) dos processos produtivos de um determinado material ou produto até seu destino, a fim de identificar as fases que produzem mais resíduos e por meio de tecnologias e monitoramentos diminuir a geração desses, foi elaborado o diagrama de entradas e saídas dos subprocessos, o qual possibilitou identificar qualitativamente os materiais utilizados e os resíduos gerados durante execução da alvenaria.

4.1.2.1 Subprocesso de suprimento de blocos

É o subprocesso que gerencia o estoque e manejo dos blocos na laje. Este subprocesso ocorre durante o processo de marcação e assentamento da alvenaria.

Através do fluxograma de processos apresentado na Figura 16, observou-se que o subprocesso de produção de argamassa possui 2 principais atividades geradoras de resíduos, são elas: a atividade de estoque e a atividade de corte de blocos.

Figura 16 – Fluxograma do subprocesso de suprimento dos blocos



Fonte: Autor (2021)

Com base no diagnóstico qualitativo apresentado no Quadro 7, identificou-se os resíduos gerados por cada atividade executada no suprimento dos blocos.

Quadro 7 - Diagnóstico qualitativo no subprocesso de suprimento dos blocos

ATIVIDADES	ENTRADAS	SAÍDAS
Estoque	Paletes de blocos de concreto, embalados em plástico	Palete de madeira Embalagens plásticas Resíduos de quebra de blocos

Transporte	Energia elétrica	-
Corte	Disco de corte Energia elétrica	Resíduos de corte de blocos Resíduos de disco de corte
Assentamento	Blocos de concreto	Resíduos de Blocos Alvenaria

Fonte: Autor (2021)

Os principais resíduos deste subprocesso são os resíduos de blocos gerados pelo estoque e corte de blocos para as janelas de inspeção (Quadro 7). A principal causa desses resíduos é a falta de um local específico para o corte dos blocos, sendo que este tende a ocorrer em qualquer lugar da laje, mais precisamente próximo do profissional assentador. Sem um local de corte, os resíduos ficam espalhados pela laje e se misturam com os blocos íntegros, estes acabam sendo confundidos com resíduos e são lançados nos caixotes de entulho. As setas na Fotografia 12 mostram os blocos íntegros juntos com os resíduos de blocos.

Fotografia 12 – Resíduos de blocos de concreto



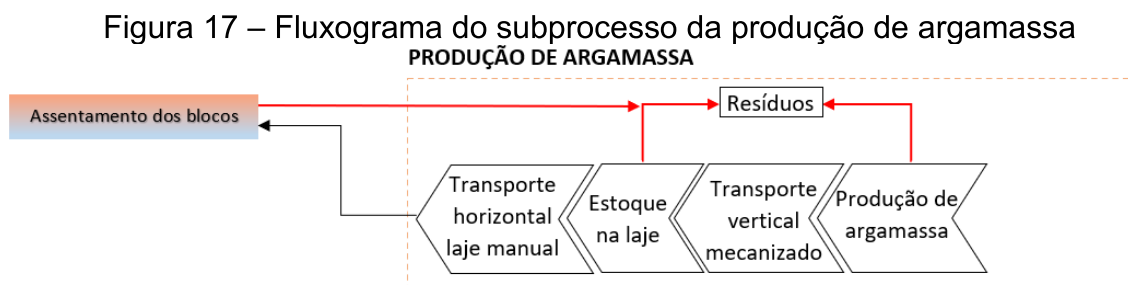
Fonte: Autor (2021)

Neste subprocesso também pode-se ressaltar as sobras de paletes que ocorrem após a utilização dos blocos, no entanto a empresa devolve os paletes aos fornecedores de materiais para serem reutilizados.

4.1.2.2 Subprocesso de produção da argamassa

É o subprocesso de produção, manejo e estoque de argamassas para assentamento dos blocos. Este subprocesso, assim como o subprocesso de suprimento de blocos, ocorre durante o processo de marcação e assentamento da alvenaria.

Por meio do fluxograma de processos apresentado na Figura 17, observou-se que o subprocesso de produção de argamassa possui 3 principais atividades geradoras de resíduos, são elas: a atividade de produção de argamassa, atividade de estoque e a atividade de assentamento.



Fonte: Autor (2021)

Através do diagnóstico qualitativo apresentado no Quadro 8, identificou-se os resíduos gerados por cada atividade, os quais estão descritos a seguir.

Quadro 8 - Diagnóstico qualitativo de processo dos insumos utilizados e resíduos gerados no subprocesso de produção de argamassa

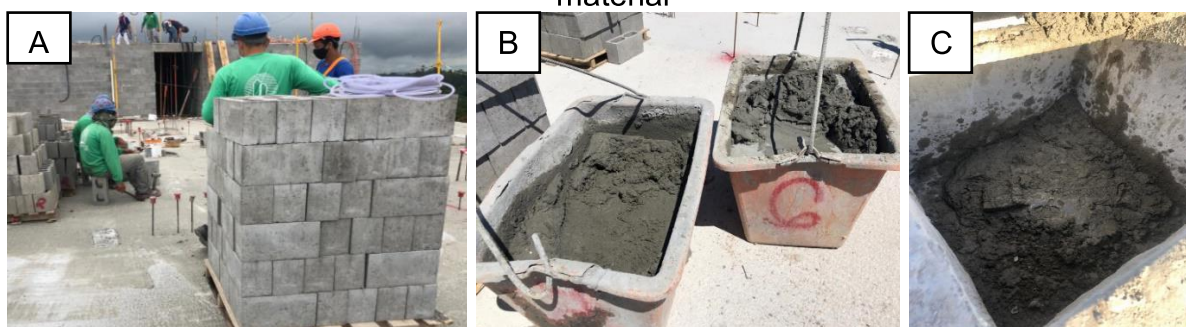
OPERAÇÃO	ENTRADAS	SAÍDAS
Produção	Sacos de Cimento Areia Aditivo Água Energia elétrica	Embalagens de papel Efluentes Argamassa
Transporte	Energia elétrica	-
Estoque na laje	Argamassa	Resíduos de argamassa
Assentamento	Argamassa	Resíduos de argamassa Alvenaria

Fonte: Autor (2021)

a) Produção de argamassa: Nesta atividade são utilizados insumos que muitas vezes chegam na obra envoltos em embalagens, estas têm o objetivo de preservar as características do produto até que ele seja utilizado, no entanto estas embalagens se tornam resíduos após sua utilização. Os resíduos de embalagens, são classificados como B, eles são separados em baias e posteriormente descartados em caçambas de entulhos licenciados, juntamente com outros resíduos de mesma classe. Esta atividade é também geradora de efluentes produzidos a partir da lavagem das argamassadeiras e das caixas masseiras utilizadas no transporte de argamassa. Estes efluentes são descartados no próprio solo sem nenhum tratamento.

b) Estoque na laje: As atividades no canteiro de obras iniciam as 7h. A central de massas possuía, no período de análise, no mínimo 4 equipes para atender com diversos tipos de massas (alvenaria dos blocos 03 e 04, contrapiso, reboco externo). Com a alta demanda na central, muitas vezes a primeira remessa de massa chegava até o pavimento em estudo às 8:30, o que provocava um ócio na mão de obra de no mínimo 1h30min (Fotografia 13-a). Para evitar possíveis ócios de mão de obra durante o dia, a central de massas em acordo com os pedreiros encaminhava às equipes duas caixas masseiras de massa por vez (Fotografia 13-b), no entanto o rendimento na mão de obra muitas vezes não era compatível com a temperatura do dia, provocando perda da plasticidade e trabalhabilidade da massa em estoque, acarretando no amolecimento da massa na laje, prática que provoca redução da resistência da argamassa e muitas vezes perda da massa por endurecimento. Outro momento que contribui para perda de argamassa são os períodos que antecedem o intervalo do almoço e o final do expediente, em que muitas vezes a equipe não consegue consumir toda a argamassa que está estocada na laje, sendo a argamassa desprezada ainda em estado fresco (Fotografia 13-c).

Fotografia 13 – a) ócio de mão de obra; b) estoque em excesso e c) desperdício de material



Fonte: Autor (2021)

c) Assentamento dos blocos: Além das perdas de argamassa por estoque na laje, identificou-se também as perdas de argamassa na atividade de assentamento dos blocos. Na alvenaria estrutural os blocos são vazados no sentido vertical dificultando a aplicação de argamassa nas paredes transversais e longitudinais dos blocos, que possuem no máximo 3cm, como mostra a Figura 18, o qual acaba por gerar resíduos de argamassa.

Figura 18 - Resíduos da argamassa de assentamento

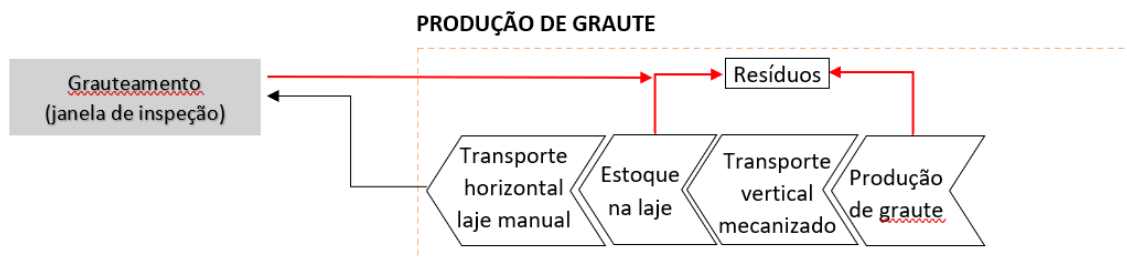


Fonte: Autor (2021)

4.1.2.3 Subprocesso de produção de graute

É o subprocesso de produção, manejo e estoque de graute para a concretagem dos pilaretes. Este subprocesso ocorre durante o processo de grauteamento. Semelhante ao subprocesso de produção de argamassa, o subprocesso de produção de graute também apresentou 3 atividades geradoras de resíduos, são elas: Produção de graute, estoque na laje e grauteamento, conforme apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Fluxograma do subprocesso de produção de graute



Fonte: Autor (2021)

Para cada atividade do subprocesso foi realizado o diagnóstico qualitativo para identificar os resíduos gerados, os quais estão apresentados no Tabela 6.

Tabela 6 - Diagnóstico qualitativo de processo dos insumos utilizados e resíduos gerados no subprocesso de produção de graute

OPERAÇÃO	ENTRADAS	SAÍDAS
Produção	Sacos de Cimento Areia Aditivo Brita 0 ou pedrisco Água Energia elétrica	Embalagens Efluentes Graute
Transporte	Energia	Efluentes
Estoque na laje	Graute	Resíduos de graute
Grauteamento (conferência da janela de inspeção)	Madeira Prego	Resíduos de graute Resíduos de madeira

	Graute	Resíduos de prego Pilaretes garuteado
--	--------	--

Fonte: Autor (2021)

Na atividade de produção de graute, os resíduos se assemelham aos resíduos da atividade de produção da argamassa, tendo como destaque as embalagens dos produtos e os efluentes provocados pela lavagem dos equipamentos. Já na atividade denominada de ‘estoque na laje’ também observou entrega dupla de massa em função do atraso nas entregas por parte da central de massas, no entanto como a aplicação de graute é rápida, esta não provoca perdas por endurecimento de material estocado na laje. Todavia as perdas de graute são observadas nas janelas de inspeção, nas quais são utilizadas madeiras usadas inchadas ou empenadas para fechamento da janela, provocando perda de material pelas laterais, exigindo uma equipe extra para aparar as arestas do material vazado (Fotografia 14).

As madeiras e pregos que são utilizados para o fechamento das janelas de inspeção, por estarem expostos às intempéries acabam tendo sua vida útil reduzida, sendo possível utilizar no máximo em fechamento de janelas de inspeção de 2 pavimentos.

Fotografia 14 – perdas de graute nas janelas de inspeção



Fonte: Autor (2021)

4.2 ETAPA 3 – BALANÇO DE MASSA E ENERGIA DOS PROCESSOS

Com base nos diagramas de entradas e saídas qualitativos dos subprocessos que compõem os processos da etapa construtiva da alvenaria estrutural, os quais

foram apresentados no item 4.2.2, foi possível quantificar o consumo de matérias-primas, bem como os resíduos gerados durante a etapa de execução da alvenaria.

Um dos insumos que contribui para o funcionamento eficiente e mecanizado do canteiro é a energia elétrica. De modo geral, muitas das máquinas que são utilizadas necessitam da eletricidade para funcionar. As pesquisas referentes ao consumo de energia elétrica, em sua maioria, concentram-se em avaliar os impactos energéticos da ICC, relacionadas ao ciclo de vida de matérias-primas e serviços, e na fase de operação e uso das edificações. Na fase de execução, as pesquisas consideram apenas avaliações de consumo de energia relacionada a combustíveis e emissões de dióxido de carbono (CRAWFORD; TREOLAR, 2005; ROTH, 2007). Toda via, o presente estudo identificou que o consumo de energia elétrica está presente em todos os subprocessos que compõem o processo de execução da alvenaria estrutural, visto que é utilizada em instalações e maquinários para mistura e transporte de insumos e produtos, bem como no corte de materiais.

Sendo assim, como pode-se observar na Tabela 7, o processo responsável pelo maior consumo de energia elétrica é o processo de marcação e assentamento, uma vez que esses processos são compostos por subprocessos que dependem expressivamente de equipamentos que consomem energia elétrica.

Tabela 7 - Consumo de energia elétrica do processo de execução da alvenaria estrutural

PROCESSO	SUBPROCESSO	ATIVIDADE	CONSUMO ENERGÉTICO				
			POTÊNCIA (kW)	kWh (p/pvto)	CONSUMO TOTAL (kWh p/ subprocesso)	CONSUMO TOTAL (kWh p/ pvto)	
Marcação Assentamento	Gerenciamento de Blocos	Transporte	22,50	645,47	943,82	2958,38	
		corte	2,60	298,35			
	Produção de Argamassa	Marcação	Produção	2,94	6,86		653,55
			Limpeza	2,94	1,23		
		Assentamento	Transporte	22,50	645,47		679,03
			Produção	2,94	32,34		
			Limpeza	2,94	1,23		
			Transporte	22,50	645,47		
	Grauteamento	Produção de Graute	Produção	2,94	35,28		681,97
			Limpeza	2,94	1,23		
Transporte			22,50	645,47			

Fonte: Autor (2021)

Outro insumo presente em todos os subprocessos dos processos produtivos da alvenaria é a água. Conforme Waterwise (2017), a água é utilizada em grande parte dos serviços de engenharia, às vezes como componente (em concretos,

argamassas, compactação de aterro) e outras como ferramenta (limpeza de equipamentos, resfriamento e cura do concreto). Na produção de argamassa, o uso da água é imprescindível, pois é ela que em contato com o cimento forma uma pasta mais ou menos fluida que envolve as partículas de agregados, conferindo boa trabalhabilidade e boa aderência ao substrato, características essas que facilitam o assentamento dos blocos (HANAI, 2005).

Como apresentado por Silva e Violin (2013), o uso da água é imprescindível também na limpeza dos equipamentos (betoneira, caixa masseira, colher de pedreiro etc.), pois preserva a qualidade das próximas misturas e assegura maior vida útil aos equipamentos. No entanto, a água da limpeza acaba se tornando um efluente líquido na construção civil.

A Tabela 8 mostra que o processo de grauteamento foi o principal consumidor de água, isso se deu em função do grande volume de graute utilizado nos pilaretes, cerca de 24m³, o qual consumiu 4.710 litros de água, sendo 45,9% na produção e 54,1% na lavagem de equipamentos. Esse volume de água consumida no graute corrobora com o exposto por Asadollahfardi et al. (2015), que menciona que a produção de concreto é o principal consumidor de água doce do mundo.

Tabela 8 - Consumo de água do processo de execução da alvenaria estrutural

PROCESSO	SUBPROCESSO	ATIVIDADE	CONSUMO DE ÁGUA (L)		
			DOSAGEM (L)	LAVAGEM (L)	CONSUMO DE ÁGUA TOTAL (L)
Marcação	Produção de Argamassa de Marcação	Produção - 2,8m ³	280,00	75,00	635,00
		Transporte		280,00	
Assentamento	Produção de Argamassa de Assentamento	Produção - 13,2m ³	1320,00	75,00	2715,00
		Transporte		1320,00	
Grauteamento	Produção de Graute	Produção - 24m ²	2160,00	150,00	4710,00
		Transporte		2400,00	
CONSUMO TOTAL POR PAVIMENTO			3760,00	4300,00	8060,00

Fonte: Autor (2021)

No presente estudo, os valores de consumo de água para a execução da etapa de alvenaria foi de 0,02m³/m² de área construída. Bardhan (2011) em seu estudo avaliou o consumo de água total do canteiro de obras e encontrou um consumo de água de 1 m³/m² a 2 m³/m² por área construída. Santos, Silva e Cerqueira (2015) encontraram um volume consumido de água de 0,83 m³/m², considerando também todas as etapas de construção de uma edificação. Marques et

al (2017) explica que a diferença de consumo de água no canteiro pode ocorrer em função dos sistemas construtivos utilizados.

Durante o processo produtivo da alvenaria estrutural são utilizados diversos outros insumos, os quais os quantitativos apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Consumo de insumos do processo de execução da alvenaria estrutural

SUBPROCESSOS		INSUMOS	CONSUMO DE INSUMOS (por pavimento)	
			Quantidade	Un
Gerenciamento de Blocos		Contrafiamento "L" 14x19x34	1789,00	un.
		Contrafiamento "T" 14x19x54	480,00	un.
		Contrafiamento compensador "L" 14x19x24	268,00	un.
		Inteiro 14x19x39	6614,00	un.
		Meio Canaleta 14x19x19 ou 14x19x39	2269,00	un.
		Meio Canaleta J 14x19x19x09	62,00	un.
		Meio Compensador 14x19x09	178,00	un.
		Meio bloco 14x19x19	482,00	un.
		Pastilha 14x04x19	559,00	un.
Produção de Argamassa	Marcação (2,8m ³)	cimento	1238,50	Kg
		Areia média	3,42	m ³
		aditivo bianco	2,80	L
	Assentamento (13,20m ³)	cimento	5547,50	Kg
		Cal	2773,80	Kg
		areia	15,30	m ³
		aditivo liquical	6,60	L
Produção de Graute (24m ³)		cimento	9811,00	Kg
		brita	19,62	m ³
		areia	13,53	m ³
		aditivo kalfácil	12,00	L
		Madeira	19,20	m ²
		Prego	1280,00	un

Fonte: Autor (2021)

Tendo em vista que os blocos juntamente com a argamassa e o graute são produtos essenciais para a execução da alvenaria e determinantes nas características da parede (ROCHA, 2013), foi coletado os quantitativos de projeto e de execução destes materiais e analisado o índice de consumo. Coletou-se também os índices de consumo destes materiais na base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (Tabela 10). O SINAPI tem por objetivo a produção de séries mensais de custos e índices para os setores de saneamento básico, infraestrutura e habitação.

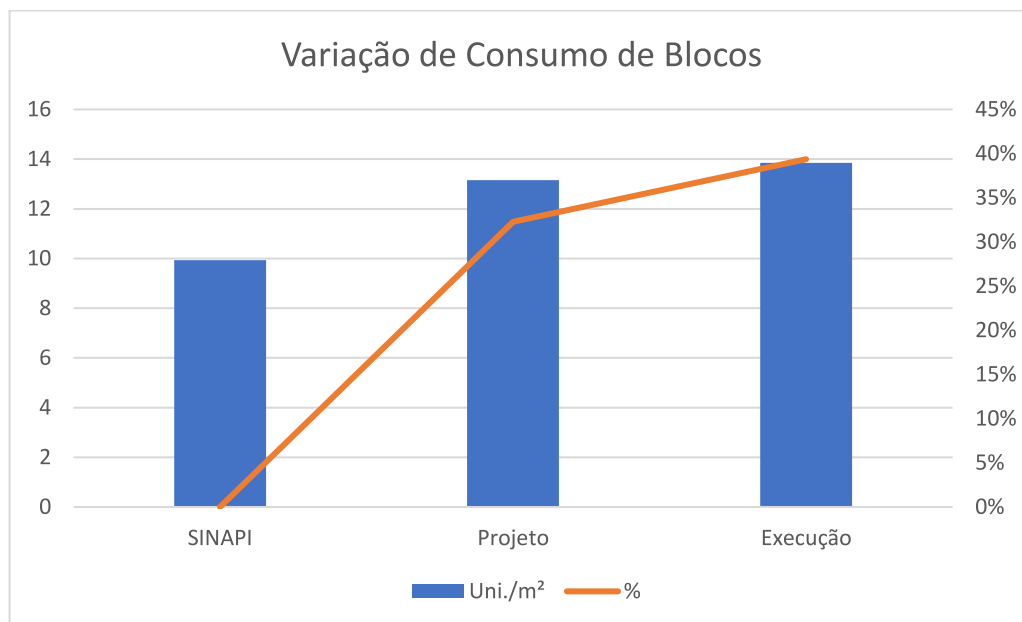
Tabela 10 – Levantamento de blocos, argamassa e graute de projeto e de execução.

Quantitativo	Blocos de Concreto		Argamassa			Graute	
	Unidade	Uni./m ²	Marcação (m ³)	Assentamento (m ³)	m ³ /m ²	m ³	adm.
SINAPI	-	9,94	-	-	0,0104	-	1,2
Projeto	12056	13,15	13,37		0,0146	22,29	1,237739
Execução	12701	13,85	2,8	13,2	0,0175	24	1,332694

Fonte: Autor (2021)

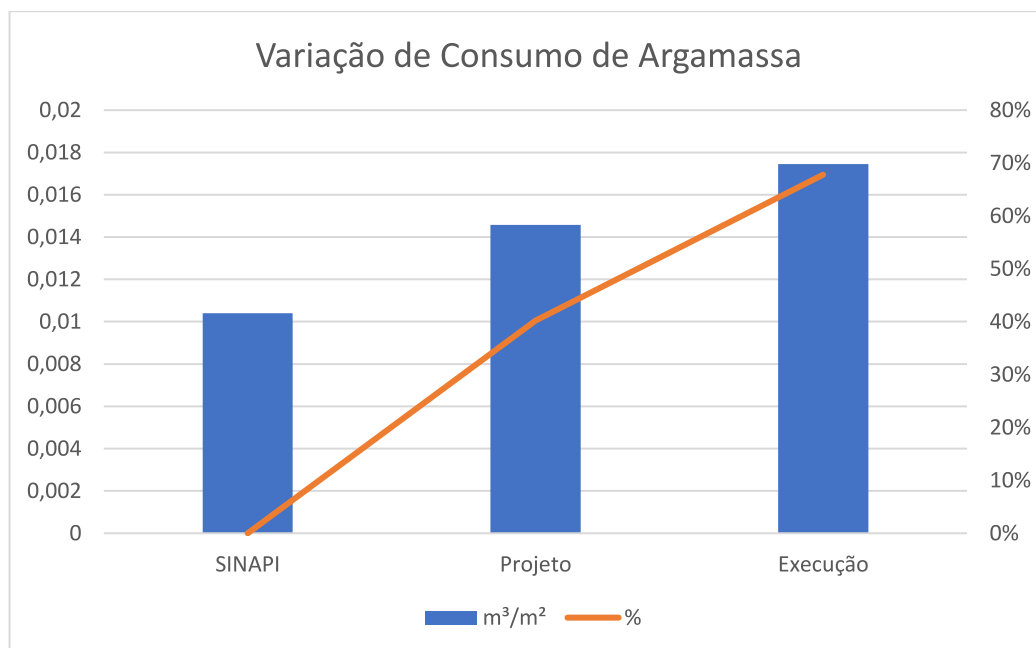
As figuras 20, 21 e 22 apresentam os mesmos resultados, porém em termos percentuais para melhor interpretação destes.

Figura 20 - Variação de consumo de blocos



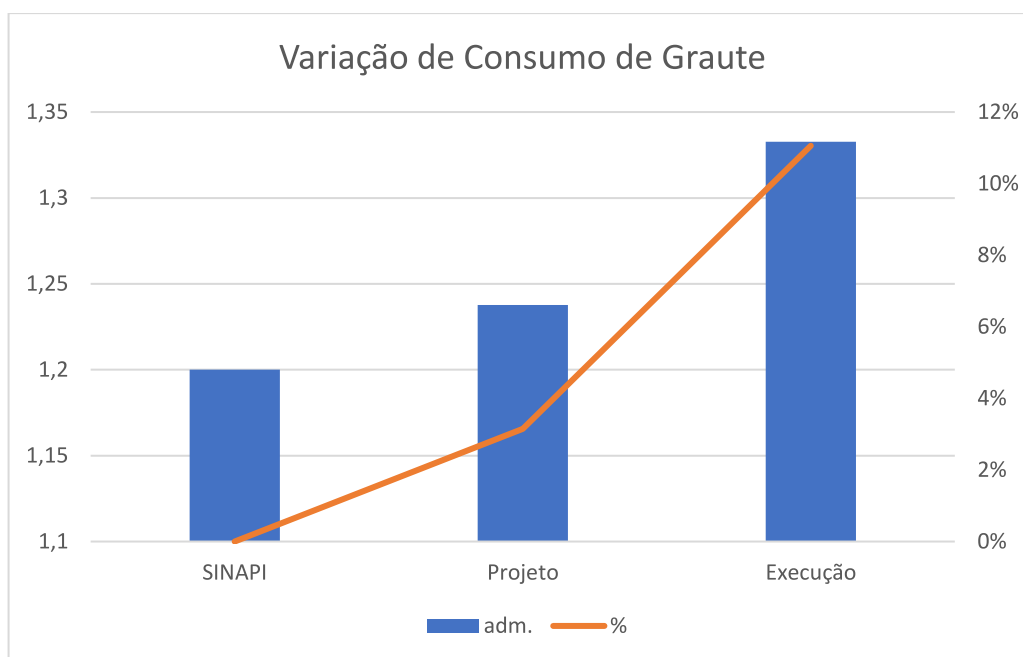
Fonte: Autor (2021)

Figura 21 - Variação de consumo de argamassa



Fonte: Autor (2021)

Figura 22 - Variação de consumo de graute



Fonte: Autor (2021)

Com base nas figuras 20, 21 e 22, percebe-se que os quantitativos de materiais estimados em projeto são superiores ao sugerido pelo SINAPI, e os materiais utilizados no canteiro de obras para a execução da alvenaria de um pavimento, foram superiores aos materiais quantificados em projeto.

A argamassa foi o material que apresentou o maior consumo, 19,7% quando comparado com os quantitativos estimados no projeto e 68% quando comparado com o índice de consumo por m² do SINAPI.

O graute foi o segundo material que apresentou um aumento de consumo quando comparado com os quantitativos estimados no projeto, com 7,7% de aumento, porém quando comparado com o índice de consumo por m² do SINAPI foi o material que apresentou menor consumo, sendo 11,1%.

Os blocos de concreto também tiveram um consumo elevado, no entanto ocupou a terceira colocação quando comparados com os quantitativos estimados no projeto, apresentando um aumento de 5,4%. Porém quando comparado com o índice de consumo por m² do SINAPI, este material apresentou o segundo maior índice de consumo, sendo 39,4%.

O diagnóstico ambiental também possibilitou identificar os resíduos gerados. Tais informações são de grande importância para a identificação das oportunidades de P+L. Sendo assim, a base na Tabela 11 apresenta os principais resíduos gerados no processo produtivo de execução da alvenaria estrutural.

Tabela 11- Resíduos gerados no processo de execução da alvenaria estrutural

SUBPROCESSO	ATIVIDADE	RESÍDUOS GERADOS			
		RESÍDUOS	QUANTIDADE	UNIDADE	
Gerenciamento de Blocos	Estoque	Palete de madeira	120	uni	
		Embalagens plásticas	120	uni	
	Corte	Resíduos de corte	0,04	uni/m ²	
		Resíduos de disco de corte	13	uni	
Assentamento	Resíduos de blocos	0,70	uni/m ²		
Produção de Argamassa	Marcação	Produção	Embalagens papelão	2,85	Kg
			Efluentes	0,0002	m ³ /m ²
		Transporte	Efluentes	0,0006	m ³ /m ²
		Estoque na laje	Resíduos de argamassa	0,0002	m ³ /m ²
	Assentamento	Resíduos de argamassa	0,0008	m ³ /m ²	
	Assentamento	Produção	Embalagens papelão	21,10	Kg
			Efluentes	0,0002	m ³ /m ²
		Transporte	Efluentes	0,0028	m ³ /m ²
Estoque na laje		Resíduos de argamassa	0,0020	m ³ /m ²	
Assentamento	Resíduos de argamassa	0,0002	m ³ /m ²		
Graute	Produção	Embalagens	22,58	kg	
		Efluentes	0,0003	m ³ /m ²	
	Transporte	Efluentes	0,0050	m ³ /m ²	
	Estoque na laje	Resíduos de graute	0,019	m ³ /m ³	
	Grauteamento (conferência da janela de inspeção)	Resíduos de graute	0,094	m ³ /m ³	
		Resíduos de madeira	19,2	m ²	
	Resíduos de prego	1280	uni		

Fonte: Autor (2021)

Dentre os resíduos produzidos, destaca-se os efluentes, os quais verificou-se que dos 0,02m³/m² quadrado de água consumida 0,009m³/m² de água tornam-se efluentes que são despejados no solo sem nenhum tratamento. Hannad et al (2013) em sua pesquisa, afirmou que para cada litro de água utilizada para produção de argamassa, consome-se 2,5 vezes mais litros de água para lavagem dos equipamentos, os quais são desprezados no solo sem qualquer tratamento. No entanto, em função da alta demanda de produção de argamassas, as lavagens dos equipamentos ocorriam apenas 1x ao dia, fato este que contribuiu para a redução do consumo de água para lavagens.

Os blocos de concreto também tiveram destaque quando se trata de resíduos gerados, visto que a cada 13,85 uni./m² utilizado 0,75uni./m² se tornam resíduos sólidos de classe C, ou seja, mais de 5%. Foi observado que os resíduos de blocos gerados ocorrem em função da falta de planejamento para a distribuição deles na laje em execução. Araújo, Estevão e Meira (2012), em seu estudo de caso, quantificaram os resíduos de blocos cerâmicos e blocos de concreto gerados nos canteiros de obras de uma construtora instalada na cidade de João Pessoa/PB, e concluíram que os blocos cerâmicos e de concreto representaram cerca de 0,56%

do resíduo total gerado em Kg. Pinho (2013), em sua pesquisa relatou que as perdas de blocos cerâmicos variaram de 0,83% a 15 %. Fraga (2006) ressalta que cada canteiro tem características distintas, o que dificulta o controle das variáveis, no entanto a fase de planejamento e projeto é a única semelhança no tocante da execução de uma edificação, sendo estas essenciais para a minimização da geração de resíduos.

Segundo Pinho (2013) 64% dos resíduos que predominam na composição dos RCD são as argamassas. No presente estudo verificou-se que dos 0,0175m³/m² consumido para a execução da alvenaria, 0,0032m³/m² tornam-se resíduos, ou seja mais de 18%.

Já os resíduos advindos do grauteamento são procavados em sua maioria devido a ineficiência do fechamento das janelas de inspeção, sendo que a cada metro cúbico de graute utilizado 0,11m³ tornam-se resíduos.

Estes dados confirmam os estudos já realizados por Rosa,F.P.(2001); FINEP (1998); Pinho,S.A.C. e Lordsleem Jr.,A.C.(2009); Bastos,L.W.(2015), nos quais verificaram que os principais resíduos gerados durante a construção de uma edificação são argamassa/concreto e tijolos/blocos.

4.3 ETAPA 3 - LEVANTAMENTO DE CAUSAS E IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIAS

Através do diagnóstico de processo e ambiental, foi possível identificar as problemáticas de cada processo e/ou subprocesso estudado e com isso sugerir oportunidades de melhorias de P+L, as quais estão apresentadas a seguir:

4.4.1. Subprocesso de suprimento de blocos

4.4.1.1 Problemática: Atividade de corte de blocos

Local de geração:	Laje em execução
Possíveis Causas:	Falta de planejamento para a disposição dos blocos na laje, sendo realizado o corte dos blocos em qualquer lugar da laje.
Consequências Ambientais:	Geração de resíduos de blocos. Risco de acidente de trabalho, devido aos resíduos

	espalhados por toda a laje. Danos à saúde, devido ao ruído da esmerilhadeira.
Consequências Financeiras:	Aumento no custo e consumo de insumo em decorrência do desperdício, bem como custo para destinação do resíduo gerado. Alto risco de processo trabalhista.
Oportunidade de Melhoria:	Aproveitamento do layout da laje para fazer uma central de corte de blocos na laje em execução.
Prazo de implementação:	Curto (até 3 meses).
Necessidade de investimento:	Baixo investimento.
Nível de P+L:	Oportunidade de Nível 1 – Modificação de processos através de boas práticas de produção mais limpa.

4.4.2 Subprocessos de produção de argamassa e graute

4.4.2.1 Problemática: Limpeza de materiais e equipamentos

Local de geração:	Central de massa.
Possíveis Causas:	Utilização de água da concessionária para lavagem das argamassadeiras e das caixas masseira.
Consequências Ambientais:	Consumo de recurso natural escasso (água da rede de abastecimento).
Consequências Financeiras:	Gastos com a utilização da água da rede.
Oportunidade de Melhoria:	Implementação de projeto para captação de água pluvial, aproveitando o lay-out de telhados do canteiro para coleta, para utilização da lavagem de materiais e equipamentos. A implantação desse sistema pode ser aproveitada posteriormente no projeto do empreendimento para fins de jardinagem,

introduzindo um diferencial ecológico tanto no empreendimento como na construtora por meio de uma política racional do consumo de água para minimizar os impactos nos mananciais (CETESB,2006), utilizando água de captação.

Prazo de implementação:	Médio (de 3 a 6 meses)
Necessidade de investimento:	Médio investimento.
Nível de P+L:	Oportunidade de Nível 1 – Mudança de processos através da mudança de matéria prima.

4.4.2.2 Problemática: Limpeza de materiais e equipamentos

Local de geração:	Central de massa
Possíveis Causas:	A lavagem das betoneiras e caixas masseira geram efluentes que são desprezados no solo.
Consequências Ambientais:	Poluição dos solos, lençol freático e corpos d'água;
Consequências Financeiras:	Desperdício de água que poderiam ser reutilizadas.
Oportunidade de Melhoria:	Implantar um sistema de filtragem de água residuária para que os efluentes gerados a partir da lavagem de equipamentos e materiais possam ser tratados para posteriormente serem utilizados na produção de concreto ou mesmo para lavagem de equipamentos e materiais. Este sistema utiliza o princípio da filtração, como descrito na NBR 13969, de 1997.
Prazo de implementação:	Médio (de 3 a 6 meses).
Necessidade de investimento:	Médio investimento.
Nível de P+L:	Oportunidade de Nível 1 – Mudança de processos, através de mudança tecnológica. Oportunidade de Nível 2 – Reciclagem interna.

4.4.2.3 Problemática: Estoque na laje de argamassa e/ou graute

Local de geração:	Laje em execução
Possíveis Causas:	Planejamento e organização do fluxo de distribuição de massas.
Consequências Ambientais:	Geração de resíduos de argamassa e/ou graute.
Consequências Financeiras:	Aumento no custo e consumo de insumo em decorrência do desperdício, bem como custo para destinação do resíduo gerado, além do grande período de ócio da mão de obra.
Oportunidade de Melhoria:	Implementação do planejamento das atividades da central de massas para evitar a falta de massa na laje, assim como, impedir o envio de quantidade exacerbada de massa à laje. Implementação de reforço de mão de obra nos horários de alta demanda.
Prazo de implementação:	Médio (de 3 a 6 meses).
Necessidade de investimento:	Médio investimento.
Nível de P+L:	Oportunidade de Nível 1 – Mudança de processos, por meio de boas práticas de produção mais limpa.

4.4.2.4 Problemática: Material para fechamento das janelas de Inspeção do Graute

Local de geração:	Laje em execução
Possíveis Causas:	Utilização de material inadequado para o fechamento das janelas de inspeção.
Consequências Ambientais:	Geração de resíduos de graute, madeiras e pregos.
Consequências Financeiras:	Aumento no custo e consumo de insumo em decorrência do desperdício, bem como custo para destinação do resíduo gerado.

- Oportunidade de Melhoria:** Utilização dos próprios recortes das janelas de inspeção para o seu fechamento, sendo feita a fixação com arame de aço, facilitando o acesso à janela para inspeção.
- Prazo de implementação:** Curto (até 3 meses).
- Necessidade de investimento:** Baixo investimento.
- Nível de P+L:** Oportunidade de Nível 1 – Mudança de processos, através de mudança de matéria prima.

Oportunidade de Nível 2 – Reciclagem interna.

4.5 RESUMO DAS OPORTUNIDADES DE P+L

O Quadro 9 apresenta um resumo das alternativas das oportunidades de melhorias sugeridas no presente estudo.

Quadro 9 – Resumo das oportunidades de melhorias

PROBLEMATICA	SUGESTÃO	NIVEL	ALTERNATIVA DE P+L
1) Corte de Blocos	Aproveitamento do <i>layout</i> da laje para fazer uma central de corte de blocos na laje em execução.	1	Modificação de processos
2) Limpeza de materiais e equipamentos	Implementação de projeto para captação de água pluvial, aproveitando o lay-out de telhados do canteiro para coleta.	1	Mudança de processos
3) Limpeza de materiais e equipamentos	Implantar um sistema de filtragem de água residuária	1 e 2	Mudança tecnológica e Reciclagem interna
4) Estoque na laje de argamassa e/ou graute	Implementação do planejamento das atividades da central de massas para evitar a falta de massa na laje, assim como, impedir o envio de quantidade exacerbada de massa à laje. Implementação de reforço de mão de obra nos horários de alta demanda.	1	Mudança de processos
5) Material para fechamento das janelas de Inspeção do Graute.	Utilização dos próprios recortes das janelas de inspeção para o seu fechamento, sendo feita a fixação com arame de aço, facilitando o posterior acesso à janela para inspeção.	1 e 2	Mudança de processos e Reciclagem interna

Fonte: Autor (2021)

4.6 ANÁLISE DAS DISCUSSÕES E OPORTUNIDADES

Por meio do diagnóstico de processos e ambiental foi constatado a deficiência no fluxo de processos durante toda etapa de execução da alvenaria, os quais, além de provocar resíduos, provoca também, ociosidade de mão de obra, e a combinação desses dois fatores contribuem com a diminuição da produtividade e elevação do custo da obra. Deste modo, Araújo *et al* (2019) destacam que o planejamento criterioso do canteiro de obras é fundamental na eficiência das operações, na qualidade da construção e na redução de resíduos. Logo, é de suma importância se atentar para as oportunidades de melhorias voltadas ao planejamento, tanto do canteiro de obras para definir melhor a disposição dos materiais durante o processo construtivo, quanto do fluxo de materiais.

Outra importante oportunidade de melhoria sugerida foi relacionada ao consumo de recursos hídricos para a produção de argamassas e graute, bem como limpeza dos materiais e equipamentos, sendo proposto a captação de águas pluviais. Estudos indicam que o aproveitamento de águas pluviais para uso residencial e comercial, alcança uma economia de até 15% do serviço de abastecimento público de água. (CARVALHO *et al.*, 2014). O custo médio para a implantação do sistema de captação pluvial para aproveitamento é menor que 1% do valor total da obra, um custo relativamente baixo quando comparado à economia frente ao serviço de abastecimento. (SPEZZIO, 2015).

Segundo Teixeira *et al* (2017), “o volume de água da chuva *in natura* varia de acordo com a região geográfica, considerando-se, por exemplo, a vegetação local, os espaços de zonas urbanas ou rurais, além da qualidade do ar”. No município de Criciúma, um estudo realizado por Martins *et al.* (2008), apresentou condições de chuvas ácidas (ph menor que 5,0), as quais são provocadas pela exploração do carvão e pelas instalações de um vasto parque cerâmico. No estudo o Ph da água variou 4,16 a 5,72 num período de 0 minutos à 40 minutos. A ABNT NBR 15900/2009 – Água para amassamento, veta o uso de água com Ph menor que 5,0 para a produção de concreto. Segundo a norma, a água contaminada pode alterar o tempo de pega e a resistência do concreto. Sendo assim, não foi sugerido, no presente trabalho, o uso da água da chuva para a produção de argamassa e graute. Não foi sugerido, também, o reuso da água de lavagem dos materiais e equipamentos nos processos de produção de argamassa e graute. Sendo que as sugestões dadas são para suprir as necessidades das atividades de compactação do solo, cura de concreto e lavagem de materiais e equipamentos.

De acordo com CNTL (2003), as ferramentas de P+L preconizam que inicialmente sejam realizadas as oportunidades sugeridas referentes aos níveis 1 e 2. Somente quando não forem possíveis aplicar as oportunidades de nível 1 e 2 que, então, serão avaliadas as opções de oportunidade de nível 3 – reciclagem de resíduos, efluentes e emissões externas. Deste modo, foram sugeridas 5 melhorias, os quais 3 foram classificadas com Nível 1 e 2 foram classificadas com nível 1 e 2.

Segundo Nascimento (2013) as oportunidades sugeridas, inicialmente podem configurar um aumento de custo, no entanto, as melhorias decorrentes destes investimentos, como a redução do consumo de água da rede e a melhoria da eficiência das operações, reduzem os custos totais a curto e médio prazo.

5 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido baseou-se no programa de P+L na busca da minimização dos resíduos dentro de um canteiro de obras, na etapa de execução da alvenaria estrutural. No entanto, em função das restrições da pandemia não foi possível cumprir todas as etapas de implementação do programa de P+L, desenvolvido pela UNIDO/UNEP, sendo efetuado apenas três das cinco etapas sugeridas pelo programa.

A etapa de execução da alvenaria estrutural é dividida em processos (marcação, assentamento e grauteamento) e subprocessos (suprimento de blocos, produção de argamassa e produção de graute). Com base nas análises, foram identificadas que as atividades que compõem os subprocessos são as responsáveis pelo consumo de insumos, bem como, pela geração de resíduos.

Dentre os insumos consumidos na etapa construtiva em estudo, observou-se um consumo de 3,3kWh/m² de alvenaria construída e 0,02 m³/m² de água potável, sendo que 0,009m³/m² de água se tornam efluentes devido ao processo de lavagem dos materiais e equipamentos. Já o consumo de argamassa foi de 0,0175m³/m² de alvenaria construída, no entanto 18% deste tornou-se resíduos de construção. O consumo do bloco de concreto foi de 13,85uni./m², contudo 5% destes se tornaram resíduos devido à falta de planejamento para a distribuição deles na laje em execução. Na atividade de grauteamento verificou-se um consumo de 1,33m³/m², sendo que 7,7% desses se tornam resíduos devido à ineficiência das vedações das janelas de inspeção.

Deste modo, o estudo permitiu realizar 5 sugestões de oportunidade de melhorias, dentre elas 3 obtiveram a classificação hierárquica de prioridades baseadas na P+L como nível 1 e 2 foram classificadas com Nível 1 e 2.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para consolidação do projeto em questão, é importante que sejam executadas as demais etapas do programa. Neste estudo de caso foi trabalhado até a Etapa 3, desta forma para dar continuidade ao programa, deve-se estabelecer uma estratégia para cumprimento da etapa 4, que envolve a avaliação técnica, econômica e ambiental e seleção de oportunidades viáveis e a etapa 5 que abrange o plano de implantação, monitoramento e plano de continuidade.

Além disso são necessárias pesquisas que englobem:

- Implementação das alternativas de minimização indicadas, avaliando dessa forma o desempenho na prática;
- Desenvolvimento de novos indicadores quantitativos para o processo em todas as etapas baseados nos ganhos ambientais e econômicos advindos da implementação do programa de produção mais limpa;
- Sensibilização de todos os funcionários da empresa para garantir o envolvimento e responsabilidade de todos no programa;
- Construção de indicadores ambientais e econômicos em função das melhorias implementadas.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE - **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018-2019**. (2019). São Paulo.
- ALVES, R. R. (2019). **Sustentabilidade empresarial e mercado verde: a transformação do mundo em que vivemos**. *Sustentabilidade empresarial e mercado verde: a transformação do mundo em que vivemos*. Petrópolis: Vozes.
- ARAÚJO, D.S.; SOUZA, D.J.R.; SILVA, L.O. **Planejamento e gerenciamento do canteiro de obras**. IV Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar. Maio, 2019.
- ARAÚJO, N. M. C., ESTEVÃO, R., MEIRA, A. R. **Análise quantitativa dos resíduos da construção civil: um estudo de caso**. In: VII CONNEPI. Anais... Palmas, 2012.
- ASADOLLAHFARDI, G.; ASADI, M.; JAFARI, H.; MORADI, A.; ASADOLLAHFARDI, R. **Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete**. *Construction and Building Materials*, ago. 2015. Disponível em: Acesso em: 01 mai. 2020.
- ANEPAC - **Associação nacional das entidades de produtores de agregados para construção civil – Agregados**. 2017a. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/agregados/>>. Acesso em 04 abril de 2020.
- AZEVEDO, G. O. D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L. R. S. **Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 65-72, mar. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522006000100009>>. Acesso em: 18 mai. 2020
- BALTAR, G. B.; KAEHLER, J. W. M.; PEREIRA, L. A. **Indústria da Construção Civil e Eficiência Energética**. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3210/5/000384715-Texto%2BCompleto%2BAnexo%2BE-5.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2021.
- BARBIERI, J.C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2 ed. Atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BARBOSA, H. B., OLIVEIRA, A. K., & OLIVEIRA, L. H. **Diagnóstico da geração de resíduos de construção civil: um estudo de caso de canteiros na cidade de Pau dos Ferros/RN**. *Revista Monografias Ambientais - Remoia* V. 15, N.1, 416-427. 2016.
- BARDHAN, S. **Assessment of Water Resource Consumption in Building Construction in India**. *Ecosystems and Sustainable Development* VIII, v. 144, p. 93-102, 2011.
- BLANK, A.K.; CARAMÉZ, A.B. **Proposição de ferramentas de gestão ambiental baseadas na norma iso 14.001:2015 para a instalação de condomínios residenciais verticais**. IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental São Bernardo do Campo/SP – 26 a 29/11/2018
- BRASIL. (2010). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: institui a **Política nacional de resíduos sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, Brasília: Diário da União.
- BRASILEIRO, L. L., & MATOS, J. M. (2015). *CERÂMICA*, 178-189.
- BENITE, A. **Emissões de carbono e a construção civil**. São Paulo: CTE (Centro de Tecnologia de Edificações), 2011.

- CABRAL, A. E., SCHALCH, V., DAL MOLIN, D. C., RIBEIRO, J. L., & RAVINDRARAJAH, R. S. **Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha**. *Cerâmica*, 4. 2009.
- CABRAL JR., M., & AZEVEDO, P. B. **Potencial Técnico e Econômico do Aproveitamento de Resíduos da Indústria de Cerâmica Vermelha**. *Cerâmica Industrial*. 2017.
- CAMPOS, A. R. et al. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. 700 f.
- CARVALHO, N. L.; HENTZ, P.; SILVA, J. M.; BARCELLOS, A. L. **Reutilização de águas residuárias**. Revista Monografias Ambientais – REMOA/UFMS, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3164-3171, 2014.
- CHAN, S. K. (2004). **Sustainable productivity development**. In: *APO – Asian Productivity Organization (Green Productivity – GP)*. Disponível em: <<http://www.cntl.org.br>>. Acesso em: 23/12/2019.
- CHERTOW, M. R. (2000), “Industrial symbiosis: literature and taxonomy”, Annual Review of Energy and the Environment, Vol.25, pp. 313-337.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas, C. (2003). **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 42 p. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas, C. (2009). **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre: Centro Nacional de Tecnologias Limpas.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas, C. (2010). **Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Disponível em <http://www.senairs.org.br/cntl/> Acesso em 9 de novembro de 2019.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 448**, de 19 de janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Disponível em . Acesso em 15 out. 2019.
- _____. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Disponível em . Acesso em: 05 set. 2014.
- _____. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. **Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos**. Disponível em . Acesso em: 09 out. 2019.
- _____. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Termo de Referência para **Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil – PGRCC**.
- _____. Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011. **Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso**. Disponível em . Acesso em: 09 out.2019.
- _____. Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. **Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=466>> . Acesso em: 21 jan. 2019.
- COSTA, O. **Análise da influência dos componentes na eficiência da alvenaria estrutural cerâmica**. Santa Maria, 2010. Monografia (Curso de Engenharia Civil) apresentada à Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria 2010.

- CRAWFORD, R.; TREOLOAR, G. **An Assessment of the Energy and Water Embodied in Commercial Building Construction**. In: Australian Life Cycle Assessment Conference, 4., Sydney, 2005. Proceedings... Sydney, 2005.
- CETESB. Tintas e Vernizes. Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes. Série P+L, 2006.
- CUNHA, I. B. **Quantificação Das Emissões De Co2 Na Construção De Unidades Residenciais Unifamiliares Com Diferentes Materiais**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais (PGETEMA). Porto Alegre - RS – Pará – Brasil, 2016.
- DESPEISSE, M. et al. (2012), "Industrial ecology at factory level: a conceptual model", *Journal of Cleaner Production*, Vol.31, pp. 30-39.
- FARIAS, A. S. D.; MEDEIROS, H. R. D. CÂNDIDO, G. C. **Contribuições De Eco-Inovações Para A Gestão Ambiental De Atividades Produtivas Em Um Empreendimento Da Construção Civil**. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, vol. 9, agosto, 2016, pp. 102-120. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273446628012>
- FEITOSA, S. M., GOMES, J. M., NETO, J. M., & ANDRADE, C. S. (2011). **Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de teresina – PIAUI**. *REV. SOCIEDADE BRASILEIRA DE URBANIZAÇÃO*.
- FERREIRA, J. C., CARVALHO, R. A., & COSTA, H. G. **Emprego de uma metodologia para aquisição de materiais numa empresa de construção civil da cidade de Campos dos Goytacazes**. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v.13, 23-35, 2008.
- FERREIRA, T. F. **Simulação de um circuito de britagem para a produção de areia de britagem a partir de brita 0 (zero)**. *GNÁISSICA - XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa*, 23 a 27. Outubro de 2017.
- FILHO, B., & ROSA, F. (08 de 2017). **Maturidade em gestão ambiental: revisitando as melhores práticas**. *REAd. Rev. Eletrôn. Adm.*
- FONSECA, R. A., LIMA, A. B., REZENDE, J. L., & SANTIAGO, T. M. **Gestão e tecnologia para a competitividade. Produção mais limpa: uma nova estratégia de produção**. Simpósio De Excelencia E Gestão Em Tecnologia. (23-25 de OUTUBRO de 2013).
- FRAGA, M. F. **Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com Base em Projeto e Planejamento de Obras**. 2006. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo horizonte,.
- GAEDE, L. P. **Gestão dos resíduos da construção civil no município de Vitória-ES e normas existentes**. Belo Horizonte, MG.2008
- GOMES, J. H. D.; NETO, A. F. B.; SALOMÃO, P. E. A.; SANTIAGO, A. N. O. **Análise Comparativa Do Sistema Construtivo De Alvenaria Convencional E Sistema Construtivo De Alvenaria Estrutural Em Uma Casa Térrea Em Teófilo Otoni**. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – Unipac* ISSN 2178-6925 128 | Página Dezembro/2018 Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni - Dezembro de 2018.

- GOMES, J. O.; LACERDA; J. F. S. B. **Uma Visão Mais Sustentável Dos Sistemas Construtivos No Brasil: Análise Do Estado Da Arte**. E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 7, n. 2, 2014.
- GOVINDAN, K. **Sustainable consumption and production in the food supply chain: A conceptual framework**. *International Journal of Production Economics*, 419-431.2018.
- HAGEMANN, S. E. **Materiais de Construção Básicos**. Ministério da Educação.
- HANAI, J. B de, **Fundamento do Concerto Protendido II**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2005.
- HANNAD, Ben et al. **Water Usage Optimization During Concrete Operations**. In: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2013, Cincinnati, Estados Unidos da América. Proceedings... . Cincinnati: ASCE, 2013. p. 3114 - 3121.
- HOOFF, B. **Organizational learning in cleaner production among Mexican supply networks**. *Journal of Cleaner Production*, v. 64, 115-124, 2014.
- IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. FIELD, C. B. et al. (eds.). Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2014. 1132 p.
- ISO WORLD. **Certificações ISSO 14.001 em diversos países do mundo**. Disponível em: <<http://www.ecology.or.jp/isoworld>>
- JOHN, V.M., **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**, editor. IBRACON 2017.
- LAMBERTS, R., TRIANA, M. A., FOSSATI, M., & BATISTA, J. O. **Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área**. 2012.
- LANNA, Carlos. André. Fois. **Painel de normas, conheça a nova norma de alvenaria estrutural**. Revista Construção Mercado. Edição 106 maio/2010. Disponível em: Acesso em: 18 de mai 2020.
- LARUCCIA, M.M. **Sustentabilidade E Impactos Ambientais Da Construção Civil**. ENIAC Pesquisa, Guarulhos (SP), p. 69-84, v. 3, n. 1, jan.-jun. 2014.
- LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Série de Publicações Temáticas do Crea-PR. Curitiba: Crea, 58p. 2009.
- LIMA T.M. e Neves C.A.R. (coords.) **Sumário Mineral 2015**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), v. 35, 135 p. ISSN: 0101-2053. 2016.
- LIMA, Y. C., MENESES, V. N., QUEIROZ, E. L., CARVALHO, H. G., & FRASAO, S. C. **Lean Construction E P+L Como Ferramenta De Gestão Da Qualidade Na Construção Civil: Uma Estratégia Competitiva**. Curitiba, PR, Brasil: XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. (07 a 10 de outubro de 2014).
- LUKEN, R. A., VAN BERKEL, R., LEUENBERGER, H., & SCHWAGER, P. (2016). **A 20-year retrospective of the National Cleaner Production Centres programme**. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1165-1174.
- LUZ, J. R., CAVALCANTE, P. R., & CARVALHO, J. R. (2014). **Estratégias De Qualidade Ambiental E De Produção Mais Limpa No Setor De Construção Civil**. *Revista Ambiente Contábil*.
- MARCHI, C. M. **Perspectivas Gestão Conhecimento 1, 2**. 2011.
- MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. **Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações**

- visando à sustentabilidade.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 79-90, out.dez. 2017.
- MARTINS, R.F; LISBOA, H.M; HASS, R. ACIDEZ NA ÁGUA DE CHUVA DA REGIÃO SUL DE SANTA CATARINA. IXV Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2010.
- MARTUCCI, R; BASSO, A. **Uma nova visão integrada da análise e avaliação de conjuntos habitacionais; aspectos metodológicos da pós ocupação e do desempenho tecnológico.** In: Alex Kenya Abico; Sheila Walbe Ornstein. (org.). Inserção urbana e avaliação pós ocupação (AOP) da habitação de interesse social. 1ed. São Paulo: FAUSP-Coletânea Habitare, 2002, v.1, p.269-293.
- MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção.** 2004. 271 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2004. Disponível em:. Acesso em: 19 maio 2020.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo. Pini. 2006.
- MEIRELLES, H. L. Direito de Construir. 9 edição atualizada por Eurico de Andrade Azevedo, Adilson Abreu Dallari e Daniela Libório Di Sarno. São Paulo: Malheiros Editores. 2005
- MENEGAKI, M., DAMIGOS, D. **A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management.** *Current Opinion In Green And Sustainable Chemistry*, 8-15. 2018.
- MESQUITA, A. S. **Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí.**l. (C. e. Instituto Federal de Educação, Ed.) *HOLOS*, 2, 58-65. 2012.
- MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na administração: estruturação e recomendações para sua condução.** *Produção*, v. 17, n. 1, p.216-229, jan./abr. 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Construção Sustentável.** Disponível em:. Acesso em: 19 maio 2020.
- MOHAMED, G. **Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, projeto e desempenho.** Editora Edgar Bulcher Ltda. 2015. São Paulo – SP.
- MÓNICO, L. S.; ALFERES, V. R.; CASTRO, P. A.; PEREIRA, P. M. **A Observação Participante enquanto metodologia de investigação qualitativa.** *Investigação Qualitativa em Ciências Sociais*, V. 3, Atas, 2017
- MORAES, R. da S. FIGUEIREDO, K. **Sistemas construtivos alternativos para o cenário da construção brasileira: Estudo de caso de residência unifamiliar.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 03, Vol. 02, pp. 138-158. Março de 2020. ISSN: 2448-0959
- NASCIMENTO, E. P. (2012). **Trajatória da sustentabilidade:do ambiental ao social, do social ao econômico - estudos avançados.** 55. Acesso em 18 de outubro de 2019, disponível em <http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10624/12366>
- OLIVEIRA NETO, G. C., VENDRAMETTO, O., & CHAVES. L. E. C. (2011). **Vantagens Ambientais e Econômicas na Implementação da Produção Mais Limpa em uma Empresa Galvânica.** In: Anais do 2º International Workshop Advances in Cleaner production.

- OLIVEIRA, A. P. G. MARCILIO, G. S., MENDES, D. F., SOUZA, T. S., AMARAL, A. A., **Revegetação, remediação e uso de geotécnicas para recuperação de ambientes degradados**. Enciclopédia Biosfera, v. 11, p. 164-172, n. 2015.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Governo Brasileiro e PNUD Publicam Vídeos Didáticos Sobre Eficiência Energética na Construção Civil. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/governo-brasileiro-e-pnud-publicam-videos-didaticos-sobre-eficiencia-energetica-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.
- PARSEKIAN, G. A. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. São Carlos, Ed. EdUFSCar, 2012.
- PFAFFENZELLER, M.S. et al. **Lean Thinking na Construção Civil: Estudo da Utilização de Ferramentas da Filosofia Lean em Diferentes Fluxos da Construção Civil**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, v. 7, n. 14, p. 86–107, 29 mar. 2016.
- PIMENTA, H. C., & GOUVINHAS, R. P. **A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte**. Produção, 22, 462–476. 2012.
- PIMENTEL, U. H. **Análise Da Geração De Resíduos Da Construção Civil Da Cidade De João Pessoa/Pb**. Tese (Doutorado Em Arquitetura E Urbanismo) - Programa De Pós-Graduação Da Universidade Federal Da Bahia. Salvador, Ba, Brasil: Tese. 2013.
- PINHO, S.A.C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade de Pernambuco, Recife.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). Disponível em <http://www.pnuma.org.br/>. Acesso em: 04 de abr. 2020.
- OGUNTOYE, O. O. **Promoting Sustainability in Africa's Small Industries: An Exploratory Study of Intermediary Performance Drivers**. Tese (Doutorado em Filosofia) – University of Cambridge. Hughes Hall. Outubro, 2018.
- REIS, C. C. (2017). **Construção enxuta, proposta de diagnóstico e análise do canteiro de obras**. *Revista da FAE*, 20(1), 42–58.
- RIGON, V. S. **Aspectos e Impactos Ambientais durante a fase de produção de uma obra residencial**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2013.
- RICHTER, C. **Alvenaria estrutural: Sistema Construtivo racionalizado**. Porto Alegre, 2007.
- ROCHA, J.A. **Diagnósticos dos procedimentos executivos nos canteiros de obras de alvenaria estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91467/rocha_ja_me_ilha.pdf?sequence=1> Acesso em: 17 abr. 2021.
- ROSA, R. P. da. **Consumo energético para produção de blocos de concreto: estudo comparativo com blocos cerâmicos através da avaliação do ciclo de vida**. Porto Alegre, 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre 2010.

- ROTH, C. d., & GARCIAS, C. M. (2009). **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Em *Desenvolvimento Em Questão*, ANO 7, N. 13 (pp. 111-128). UNIÚJ.
- SANTOS, C. P.; SILVA, S. R.; CERQUEIRA, C. A. **Water Consumption in Construction Sites in the City of Recife/PE**. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 20, n. 7, p. 1711-1726, 2015.
- SANTOS, M. F., BATTISTELLE, R. A., HORI, C. Y., & JULIOTI, P. S. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. (2011).
- SILVA, C. F. B.; SOARES, D. M. T.; SIMONI, E. L. ; LIMA, G. E.; BARBOZA, J. C.; MANITA, J. P. C.; FERREIRA, T. M.; PINTO, C. O. **Custo-benefício do sistema construtivo Steel Framing**. 8º EnTec – Encontro de Tecnologia da UNIUBE / 28 a 30 de outubro de 2014 www.uniube.br/entec - UNIUBE Campus Aeroporto – Uberaba/MG
- SILVA, D. F., LIMA, G. (jul/dez de 2013). **Empresas E Meio Ambiente: Contribuições Da Legislação Ambiental**. *Revista Internaonal Interdisciplinar INTERthesis*, 10, 334-359.
- SILVA, P. S. da, **Aplicação dos conceitos de P+L e Lean and Green em uma central dosadora de concreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2014.
- SILVA, Q. V., **Análise Da Aplicação De Ferramentas De P+L Em Empresa De Tintas Imobiliárias**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2010.
- SILVA, R. R.; VIOLIN, R. Y. T. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., Maringá, 2013. Maringá. Anais... Maringá: EPCC, 2013.
- SILVEIRA B. Q. Reuso da água em edificações residenciais. 2008. 44 p. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.
- SPEZZIO, A. et al. **Consumo de água em canteiro de obras: gestão da demanda de água**. PHA2537 Água em ambientes urbanos. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.
- SIQUEIRA, R. A.; MALARD, M. L.; SILVA, M. M. A.; TELLO, M.; ALVES, J. M. **Coordenação Modular Daalvenaria Estrutural: Concepção e Representação**. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*. V. 19, números 24+25 2012 ISSN 1413-2095 versão impressa ISSN 2316-1752 versão digita (2012) Versão eletrônica / submissão de trabalhos / normas para apresentação <http://periodicos.pucminas.br/index.php/arquiteturaeurbanismo>. Acessado em 01 de julho de 2020.
- TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **AlvenariaEstrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. 183 p. *Taxas Reais de crescimento / Participações do Setor da Construção Civil na Economia Nacional e na Indústria*. Disponível em:< <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. > Acesso em 03 Mai. 2020.
- TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q. de; BEZERRA, S. M. da C.; GHISI, E. **Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 135-155, abr./jun. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>

- TESSARO, A. B., SÁ, J. S., & SCREMIN, L. B. **Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS.** *Ambiente Construído*, v. 12, n. 2, 121-130. 2012.
- TISAKA, Maçaiko. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Editora Pini. 2006
- UNEP. Greening the economy. **Pathways to Sustainable development and Poverty eradication.** United Nations Environmental Program Report, 2012.
- WATERWISE. **International Water Association Efficient.** 2017. Disponível em: <<http://www.waterwise.org.uk>>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- WON, J., & CHENG, J. C. **Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization.** *Automation In Construction*, v. 79, 3-18. Julho de 2017.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

ANEXO A – INSTRUÇÃO TÉCNICA DA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

ConstruFase
CONSTRUTORA

EXECUÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Departamento:
Engenharia

IT013
Rev. 04
26/02/2018

Responsável:
Jakson Fábio Araujo

PRÉ-REQUISITOS

- ✓ Projeto estrutural;
- ✓ Projeto de paginação da alvenaria;
- ✓ Verificação do esquadro da obra;
- ✓ Laje limpa, desimpedida e regularizada;

FERRAMENTAS, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

✓ Blocos de concreto;	✓ Prumo;	✓ Prumo vertical;
✓ Argamassa de assentamento;	✓ Colher de pedreiro;	✓ Bisnaga de pedreiro;
✓ Brocha;	✓ Trena;	✓ Régua prumo-nível.
✓ Esticador de linha;	✓ Gabarito de vão;	✓ Fio de nylon.
✓ Esquadro metálico;	✓ Escantilhão;	

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

1. Verificar o nível da laje e regularizar onde serão assentados os blocos;
2. Marcar a direção das paredes da primeira fiada, vãos de portas e shafts utilizando a linha traçante e indicar o lado de assentamento dos blocos;
3. Assentar a primeira fiada de bloco, conforme dimensões e alinhamentos determinados no projeto estrutural e verificar o nível dessa fiada;
4. Utilizar esquadro de alumínio e linha de nylon para esquadrear as paredes;
5. Após levantar os cantos, utilizar como guia a linha de nylon para garantir o nível entre as fiadas dos blocos;
6. Utilizar régua (2m), nível (1,80m) e prumo para garantir a planeza e o alinhamento da parede. Os desvios padrões do nível e do prumo deverão ser de +/- 0,5 cm por andar;
7. A alvenaria estrutural deve ser reforçada com graute e aço e deve ser deixado na viga ou laje os arranques em aço dos reforços estruturais;
8. Após levantada a alvenaria (8ª fiada), fazer a limpeza do furo onde será grauteado e inserir armadura transpassando com seu arranque. Na primeira fiada, abrir a janela de inspeção no vão da armadura e no momento da concretagem, inserir o graute e proceder o adensamento conferindo o preenchimento completo através da janela de inspeção;
9. As tubulações de água, gás e instalações elétricas devem ser instaladas na vertical, no nicho (cavidade) do bloco, não podendo haver cortes na horizontal. Para as instalações elétricas, os recortes devem ficar restritos à dimensões que permitem instalações de caixas e devem ser feitos com equipamentos apropriados ao serviço (disco de corte) seguindo o projeto;
10. Deixar os vãos das portas com 6 cm e janelas 1 cm a mais que o tamanho da porta ou janela indicado no projeto arquitetônico;
11. Impermeabilizar a faixa de assentamento das paredes internas e externas, com duas demãos de impermeabilizante, quando o substrato estiver em contato com o solo;
12. A argamassa de assentamento deve possuir resistência conforme especificado em projeto;
13. As juntas de amarração vertical entre os blocos devem ter em média 1 cm +/- 0,5cm e devem ser descontínuas (as juntas da fiada superior deve ficar no eixo central do bloco inferior);
14. Sobre os vãos das portas, construir vergas de concreto e nas janelas contra-vergas na parte inferior com o uso dos blocos canaletas;
15. Na última fiada deve ser utilizado bloco canaleta para apoio da laje e armadura para receber posteriormente o concreto.

Página 1/2

ISO 9001
NÍVEL A

ANEXO B – QUANTITATIVO DE MATERIAIS DE PROJETO

Lista de Materiais (Alvenaria) - 02 PAVTO				
Argamassas e Grautes				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,00	Argamassa de assentamento	7MPa	13,37	m³
2,00	Graute	20MPa	22,29	m³
Armaduras				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,00	Aço CA50	10.0	2.491,64	m
Blocos de concreto (Classe B)				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Contrafiamento "L" (14x34x19)	1.693,00	pç
2,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Contrafiamento "T" (14x54x19)	416,00	pç
3,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Contrafiamento compensador (14x24x19)	238,00	pç
4,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Inteiro (14x39x19)	6.379,00	pç
5,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Meio Canaleta (14x19x19)	2.143,00	pç
6,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Meio Canaleta J (14x19x19x09)	58,00	pç
7,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Meio Canaleta J Alto (14x19x31x19)	615,00	pç
8,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Meio Compensador (14x19x09)	138,00	pç
9,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Meio bloco (14x19x19)	436,00	pç
10,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Pastilha (14x04x19)	555,00	pç
11,00	Família 14x39x19 (10MPa)	Pastilha (14x09x19)	442,00	pç

ANEXO C – TRAÇO DA ARGAMASSA DE MARCAÇÃO E ASSENTAMENTO

	TRAÇOS DE ARGAMASSA RODADO EM OBRA	FA004 01/02 Rev. 6 10/03/20
Departamento: Engenharia	Responsável: Jakson Fábio Araujo	

Atividade	Traço	COMPOSIÇÃO							
		Cimento	Cal	Areia Grossa	Areia Média	Aditivo (ml)	Areia Fina	Água	
								Areia Seca	Areia Molhada
Padiola 45x40x25							Litros		
Alvenaria de Vedação	1:2:8	1	2	-	-	* Kalfácil	8	20	14
Alvenaria Estrutural 4MPa	1:0,5:6	1	0,5	-	-	* Kalfácil	6	20	14
Alvenaria Estrutural 6MPa	1:0,5:5	1	0,5	-	-	* Kalfácil	5	20	14
Alvenaria Estrutural 8MPa	1:0,5:4	1	0,5	-	-	* Kalfácil	4	20	14
Alvenaria Estrutural 10MPa	1:0,5:3,5	1	0,5	-	-	* Kalfácil	3,5	20	14
Reboco Interno	1:1:6	1	1	-	-	* Kalfácil	6	20	14
Reboco Externo e Teto	1:1:5	1	1	-	-	* Kalfácil	5	20	14
Chapisco	1:3	1	-	3	-	300 Bianco	-	20	14
Regularização de Contrapiso	1:4	1	-	-	4	200 Bianco	-	20	14
Massa Forte Marcação Alvenaria Estrutural	1:4	1	-	-	4	200 Bianco	-	20	14

* Considerar a dosagem de Kalfácil (nome comercial) de acordo com a Instrução do fabricante.

± 1 ½ L

ANEXO D – TRAÇO DO GRAUTE

Atividade	Traço	COMPOSIÇÃO							
		Cimento	Areia Grossa	Areia Média	Brita	Aditivo (ml)	Pedrisco	Água	
								Areia Seca	Areia Molhada
Padiola 45x40x25							Litros		
Graute 15 MPa	1,5:2:3	1,5	-	2	-	100 Kalfácil	3	28	18
Graute 20MPa	1,5:2:2	1,5	-	2	-	100 Kalfácil	2	18	12
Bloco de Ventilação	1:3	1	-	3	-	-	-	18	12
Concreto 15 MPa	1:2:3	1	2	-	3	* Kalfácil	-	28	18
Concreto 20 MPa	1:2:3	1	2	-	3	* Kalfácil	-	28	18
Concreto 25 MPa	1:2:2	1	2	-	2	* Kalfácil	-	28	18
Concreto 30MPa	1:1:2	1	1	-	2	* Kalfácil	-	28	18
Concreto reforço 30MPa	1:1:0,5	1**	-	1	0,5	* Kalfácil	-	28	18

±1 ½ L

* Considerar a dosagem de Kalfácil (nome comercial) de acordo com a Instrução do fabricante.

**Cimento CPV ARI

ANEXO E – PLANILHA DE CONTROLE DE BLOCOS DE CONCRETO

BLOCOS DE CONCRETO FLORESTAL							
Lote	Fabricação	Apropriação	Modelo	QUANT (um)	Família	Classe	FCK (mpa)
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	10
003-F2	08/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	10
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
003-F2	08/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	10
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
112-F1	24/06/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
112-F1	24/06/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
230-f1	07/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
237-f1	14/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x54	96	39	"A" M-15	8
206-f1	05/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x19	96	39	"A" M-15	8
116-f1	01/07/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x24	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x24	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x24	96	39	"A" M-15	8
014-f1	26/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
239-f1	16/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x54	96	39	"A" M-15	8
221-f1	23/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
212-f1	12/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	????	???	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
239-f1	16/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x34	96	39	"A" M-15	8
230-f1	07/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
212-f1	12/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
212-f1	12/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
212-f1	12/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
239-f1	16/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x34	96	39	"A" M-15	8
014-f1	26/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
018-f1	27/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
003-f1	06/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
003-f1	06/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
220-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
239-f1	16/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	14x19x34	96	39	"A" M-15	8
018-f1	27/01/2021	BLOCO 03- 6ºPVTO Fundos	CALHA 14x19x39	96	39	"A" M-15	8
219-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Frente	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
219-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Frente	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
219-f1	20/11/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Frente	14x19x39	96	39	"A" M-15	8
231-f1	07/12/2020	BLOCO 03- 6ºPVTO Frente	14x19x39	96	39	"A" M-15	8

ANEXO F – FISPQ DO BIANCO

Boletim Técnico
chapix blanco quartzolit
Pág. 1 de 3



chapix blanco quartzolit

Adesivo à base PVA para chapiscos e argamassas

1. Descrição:

Emulsão de acetato de polivinila e aditivos especiais, desenvolvido para proporcionar melhor aderência de argamassas e chapiscos cimentícios ao substrato.

2. Usos:

- Em chapiscos comuns e rolados para aplicação em paredes internas e externas
- Em argamassas de acabamento para paredes internas e externas
- Como ponte de aderência para argamassas convencionais
- Em chapiscos para diversos tipos de substrato, inclusive sobre gesso e EPS (isopor)
- Fixador para pintura tipo caiação
- Como ponte de aderência para argamassas convencionais
- Para melhorar a aderência e a trabalhabilidade de gesso e argamassas de gesso

3. Vantagens:

- Facilita a aplicação do chapisco rolado, reduzindo as perdas de material e a geração de sujeira na obra.
- Diminui a retração e a permeabilidade de chapiscos e argamassas.
- Aumenta a coesão das argamassas.
- Reduz a fissuração em argamassas de revestimento.
- Pronto para o uso.

4. Instruções de uso:

4.1. Critérios de projeto:

Dilua **chapix blanco quartzolit** na água de amassamento em proporções que variarão de acordo com o traço utilizado e a finalidade de sua aplicação. Os traços e proporções sugeridos a seguir estão especificados em volume de acordo com cada tipo de composição. Porém, a confirmação das proporções de **chapix blanco quartzolit** deverá ser realizada previamente na obra ou em laboratório, em função das especificações de projeto e do tipo e classe de cimento Portland utilizado.

4.2. Preparo do substrato:

Para a aplicação de chapisco comum ou rolado, sature a superfície de substratos porosos, como alvenaria ou concreto, até a condição de superfície saturada e seca, ou seja, úmida, mas sem o empoçamento de água. A aplicação de argamassas de emboço deve ser executada sobre o chapisco curado.

4.3. Aplicação:

É importante observar que **chapix blanco quartzolit** é uma emulsão de copolímero acetato de polivinila, aditivos e água. Desta forma, para todas as aplicações, a quantidade da água de amassamento deve ser reduzida de forma proporcional à adição de **chapix blanco quartzolit**, com o objetivo de manter a relação água/cimento da mistura, sempre lembrando que, quanto menor esta relação, melhores as propriedades mecânicas e físicas das argamassas. Esta redução está indicada em cada traço descrito abaixo, sendo separadas as proporções da água de amassamento e de **chapix blanco quartzolit** que, juntas, compõem a relação líquido/cimento indicada.



4.3.1. Chapiscos comuns - Relação líquido/cimento < 1,05

1 parte de cimento* : 3 partes de areia : 0,70 partes de água : 0,35 partes de chapix blanco quartzolit**

4.3.2. Chapiscos rolados - Relação líquido/cimento < 0,90

1 parte de cimento* : 3 partes de areia : 0,60 partes de água : 0,30 partes de chapix blanco quartzolit**

4.3.3. Argamassa de emboço - Relação líquido/cimento < 0,48

1 parte de cimento* : 3 partes de areia : 0,32 partes de água : 0,16 partes de chapix blanco quartzolit**

4.4. Pintura tipo caiçã:

Misture 1 L de chapix blanco quartzolit** com 4 L de água e utilize esta mistura no preparo da cal para a aplicação como pintura.

* Cimento Portland

** Observe que as proporções acima já contemplam a dedução da quantidade de água proporcional à quantidade adicionada de chapix blanco quartzolit

4.5. Limpeza:

A limpeza das ferramentas e dos equipamentos deve ser realizada imediatamente após a conclusão dos serviços com o uso de água limpa. Após o endurecimento do chapisco ou da argamassa dosados com a adição de chapix blanco quartzolit, sua remoção somente poderá ser realizada mecanicamente.

5. Propriedades e características:

Aspecto	Líquido branco leitoso
Massa específica (ASTM D-1475)	1,050 kg/dm ³
pH	Alcalino

6. Consumo teórico aproximado:

Aplicação	Consumo (L/m ²)	Consumo (L/m ²)	Parâmetro de referência
Chapiscos comuns	0,4	140	Espessura de 3 mm
Chapiscos rolados	0,44	150	Espessura de 3 mm
Argamassas de emboço	1,6	80	Espessura de 20 mm

7. Rendimento teórico aproximado:

Aplicação	1 L (m ²)	3,6 L (m ²)	18 L (m ²)	200 L (m ²)
Chapiscos comuns	2,5	9	45	500
Chapiscos rolados	2,3	8,2	41,4	460
Argamassas de emboço	0,6	2,3	11,3	126

O cálculo do rendimento aproximado de cada embalagem leva em consideração os parâmetros apresentados no cálculo dos consumos aproximados para cada aplicação do produto chapix blanco quartzolit.

Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção

Matriz: Via de Acesso João de Góes, 2.127 – Jandira/SP – Brasil – CEP 06612-000

Tel.: 55 (11) 2196-8000 – Fax: 55 (11) 2196-8301 – SAC: 0800 709 6979 www.weber.com.br

ANEXO G – FISPQ DO CAL



KALFÁCIL

Plastificante para Argamassa

KALFÁCIL é um aditivo que proporciona às argamassas efeito acentuado de plastificação e trabalhabilidade (liga), tornando-as de consistência mais plástica e macia.

PROPRIEDADES:

KALFÁCIL acrescenta às argamassas as seguintes características:

- Argamassas mais leves, estáveis, eliminando a exsudação.
- Reduz ou evita trincas e fissuras.
- Aumenta o poder de aderência das argamassas.
- Aumenta a impermeabilidade do revestimento (reboco).
- Reduz o consumo dos insumos de pintura.
- Permite obter excelentes acabamentos.

COMPOSIÇÃO:

À base de resinas naturais.

APLICAÇÃO:

Indicado para argamassas de assentamentos e revestimentos (reboco), internos ou externos, e também altamente recomendado para assentamentos de tijolos à vista. **KALFÁCIL** é compatível com todos os tipos de cimentos e argamassas. Para um perfeito aproveitamento das inúmeras propriedades do **KALFÁCIL**, recomenda-se usar areia limpa, isenta de sais e materiais orgânicos. Devem ser utilizados traços (cimento:areia) adequados para cada aplicação. Argamassas contendo **KALFÁCIL** devem ser bem misturadas na betoneira ou masseira, até se obter boa plasticidade. Adicionar **KALFÁCIL** em parte da água de amassamento, conforme a dosagem indicada.

CONSUMO:

KALFÁCIL pode ser dosado em função da medida do cimento ou da areia, obedecendo às seguintes proporções:

Sobre a areia: Dosar de 12 a 15 ml de **KALFÁCIL** para cada lata de areia (18 litros)

Sobre o cimento: Dosar de 150 a 200 ml de **KALFÁCIL** para cada saca de cimento de 50 Kg.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS:

COMPOSIÇÃO	Resinas naturais modificadas
COR	Vermelho
DENSIDADE kg/L	1,00 - 1,03
pH	10,5 – 12,5
VISCOSIDADE (copo Ford n2) s	40 - 50

ARMAZENAMENTO:

Armazenar o produto em local coberto, fresco, seco e ventilado, fora do alcance de crianças e animais e longe de fontes de calor; nas embalagens originais e fechadas.

INSTRUÇÕES DE SEGURANÇA:

KALFÁCIL não é tóxico, não é inflamável, não é corrosivo, podendo ser manuseado normalmente. Em casos de contato com os olhos ou mucosas, lavar com água limpa em abundância durante pelos menos 15 minutos. Em caso de contato com a