

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL: GESTÃO,
TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE**

ROBERTA CHIADA GARCIA

**ANÁLISE PARAMÉTRICA DE SISTEMAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM PORTO ALEGRE/RS**

Porto Alegre

2018

ROBERTA CHIADA GARCIA

**ANÁLISE PARAMÉTRICA DE SISTEMAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
APLICADA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM PORTO ALEGRE/RS**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Construção Civil, pelo Curso de Especialização em Construção Civil: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Maurício Carvalho Ayres Torres

Porto Alegre

2018

ANÁLISE PARAMÉTRICA DE SISTEMAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM PORTO ALEGRE/RS

Roberta Chiada Garcia*

Maurício Carvalho Ayres Torres**

Resumo:

Este trabalho apresenta a análise da relação entre o consumo energético de uma edificação residencial de alto padrão localizada em Porto Alegre e os diferentes sistemas incorporados para a redução do consumo de energia e de água. As análises foram realizadas por simulação computacional, através do software de avaliação e certificação EDGE. Ao aplicar os parâmetros encontrados no projeto original o sistema disponibiliza o desempenho de cada uma das soluções técnicas por meio de gráficos e valores de economia de energia, de energia incorporada aos materiais e de água. Posteriormente à simulação do projeto decidiu-se por agregar diferentes sistemas ao edifício com o intuito de alcançar melhores resultados energéticos. Os resultados apontam que em termos de eficiência energética, as decisões tomadas na etapa de projeto são as mais efetivas. No entanto, é possível notar que mesmo em um empreendimento já construído existem parâmetros a serem adotados para aperfeiçoar os resultados de eficiência energética.

Palavras-chave: eficiência energética, certificação ambiental, edifício residencial.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a geração de energia baseia-se em fontes renováveis, representados prioritariamente pelas usinas hidrelétricas. Apesar de a capacidade instalada representar somente 37% do Potencial estimado, a maior parte do potencial economicamente viável já foi utilizada devido às dificuldades de financiamento para obras e também pelo forte impacto ambiental causado com a construção de hidroelétricas. (BRASIL - MME, 2007.)

Atualmente, no Brasil, a maioria das edificações apresenta grande desperdício de energia por não serem considerados e implementados, desde a fase de projeto arquitetônico até a construção, aspectos relativos às áreas de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas que permitam o uso eficiente da energia sem abrir mão do conforto dos usuários. (ELETROBRÁS/PROCEL EDIFICA, 2013).

*Arquiteta e Urbanista graduada pelo Centro Universitário Ritter dos Reis - Uniritter, cursando especialização em Construção Civil na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Email: rchiada@hotmail.com

**Arquiteto e Urbanista, Doutor em Engenharia Civil, IMED Instituto Meridional, email: mauricio.torres@imed.edu.br

Uma edificação sustentável destaca-se pela racionalização do uso da energia. A eficiência energética tem como finalidade reduzir o consumo evitando desperdício de energia, água e resíduos de materiais. O consumo de energia nas edificações está relacionado ao ganho ou à perda de calor pelo sistema de envoltórias da edificação, associados à carga interna gerada pelos equipamentos, pelo uso e pela iluminação artificial. (CARLO, 2008.)

Com o objetivo de avaliar o impacto de diferentes estratégias para a redução do consumo energético de uma edificação residencial localizada em Porto Alegre, RS, será realizado um estudo paramétrico comparativo do projeto original da edificação e de estratégias de eficiência energética. Para isso será utilizado o aplicativo de avaliação de eficiência energética disponibilizado pelo sistema de certificação EDGE, a fim de verificar o impacto das alternativas em relação à energia, água e características dos materiais. A partir dessa comparação é possível verificar quais as combinações entre materiais e sistemas construtivos promovem maior economia energética para a edificação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre eficiência energética, sistemas de certificação ambiental para edifícios, legislação referente à eficiência energética, abordando os temas de consumo energético no Brasil e o conforto ambiental.

2.1. A Eficiência Energética e os Sistemas de Certificações Ambientais de Edifícios

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. No entanto a expansão acentuada do consumo de energia tem aspectos negativos, dentre eles o impacto ao meio ambiente e o esgotamento dos recursos utilizados para produção de energia. Uma maneira de conter o consumo excessivo de energia, sem comprometer a qualidade de vida do usuário ou o desenvolvimento econômico, é o estímulo ao uso eficiente (ANEEL, 2009).

As normas sobre eficiência energética começaram a surgir na Europa após a primeira grande crise do petróleo, ocorrida em 1973, elas visavam melhorar o isolamento térmico das residências a fim de diminuir o consumo de energia com o aquecimento artificial (WASCHEVICZ, 2016).

No que diz respeito ao uso eficiente da energia elétrica, no Brasil foi criado em 1985 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) o PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, com o objetivo de combater o desperdício e promover o uso eficiente (PROCEL INFO, 2016).

Os sistemas de certificação energética e ambiental de edificações são ferramentas importantes que permitem incentivar e auxiliar a implantação de edifícios eficientes. Estes sistemas são compostos por diferentes metodologias de avaliação determinadas por um conjunto de critérios que agregam aspectos ambientais e fatores de construção relevantes, sendo a avaliação dos edifícios classificadas de acordo com o desempenho referente a cada critério analisado. Um dos critérios de relevância para as certificações é a Eficiência Energética, a busca por melhorar o uso das fontes de energia está diretamente relacionada à utilização da energia de maneira adequada, eficiente, minimizando riscos e reduzindo perdas.

Apesar de não serem de aplicação obrigatória, os sistemas de certificação têm sido procurados por construtores com o objetivo de tornar os empreendimentos diferenciados no mercado, além de possuírem o argumento de fornecer benefícios econômicos e de saúde ao longo da vida de operação do imóvel. De acordo Leite (2012, p.140), é importante salientar que as certificações ambientais não devem ser utilizadas somente como ferramentas mercadológicas para valorizar os empreendimentos. Os métodos de avaliação são ferramentas cujos resultados devem ser utilizados com o objetivo de uma melhoria contínua.

As certificações ambientais de maior destaque no mercado contemporâneo brasileiro referem-se principalmente à avaliação de edifícios comerciais e corporativos, sendo ainda pouco aplicados os métodos disponíveis para a certificação de edificações residenciais multi-familiares. Dentre os sistemas de certificação de desempenho ambiental de edifícios utilizados atualmente alguns merecem destaque, por se tratarem dos sistemas com mais aplicabilidade, sendo eles: BREEAM, GREEN GLOBES, AQUA, LEED e EDGE. Além desses, no Brasil ainda existe um sistema de certificação exclusivo para eficiência energética, o PBE

EDIFICA, que classifica a edificação a partir do atendimento a requisitos de desempenho energético.

No Brasil, em 2001, foi instituído um instrumento para induzir a eficiência energética: a Lei nº 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética, que trata sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, com objetivo de estimular o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado. Essa lei é o instrumento que determina a exigência de níveis mínimos de eficiência de máquinas, aparelhos elétricos fabricados ou comercializados no Brasil, e também de edificações construídas (PBE EDIFICA, 2016).

O PBE Edifica é atualmente de cumprimento obrigatório pelos edifícios públicos federais, sendo de adoção facultativa para edificações comerciais e residenciais. O PBE Edifica foi criado com o intuito de classificar a eficiência energética das edificações. Essa etiqueta A etiquetagem ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem criado em 1985 com finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia promovendo informações sobre eficiência energética dos equipamentos.

A Etiqueta PBE EDIFICA foi desenvolvida a partir de uma parceria entre o Imetro e a Eletrobras/PROCEL Edifica. Para tornar efetivo o processo de etiquetagem é necessário que o solicitante encaminhe ao OIA (Organismo de Inspeção Acreditado pelo Imetro) um pedido de avaliação do empreendimento, assim será realizada uma análise baseada em critérios descritos nos regulamentos técnicos (RTQ-R e RTQ-C). Ao final do processo será emitida a etiquetagem do projeto, indicando o nível de eficiência alcançado (ELETROBRÁS/PROCEL EDIFICA, 2013).

O BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) é um processo de averiguação em sustentabilidade desenvolvida pelo BRE (Building Research Establishment), uma instituição do Reino Unido focada em sustentabilidade na construção. Essa certificação foi criada em 1990 na Inglaterra e pode ser considerada como a pioneira no setor das construções sustentáveis, servindo posteriormente como base para criação de outros processos de certificação (BRE, 2017).

O Green Globes é uma ferramenta de certificação e classificação de edifícios verdes online, usada principalmente no Canadá e Estados Unidos. Desenvolvida

pela ECD - Energy and Environmental Canada, esse método de certificação é visto como um complemento para o BREEAM; é uma ferramenta online dividida em três módulos para classificação e análise de construções novas, interiores comerciais e edifícios existentes. Cada um desses módulos avalia critérios específicos, mas sempre visando à conservação de energia, a redução do consumo de água, o uso responsável de materiais e o uso eficiente da equipe de trabalho. O edifício em análise deve atingir uma nota geral mínima de 35% para ser classificada (GREEN BUILDING INITIATIVE, 2017.)

O AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um referencial técnico de certificação ambiental que visa obter a qualidade ambiental de um empreendimento com o propósito de avaliar se seus impactos ambientais foram reduzidos. Esse processo baseia-se numa adaptação às condições brasileiras do referencial francês NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE®, o qual entende que para um edifício receber a certificação além de alcançar o nível de desempenho ambiental, estabelecido pelo referencial, também deve conduzir adequadamente o processo de gestão do empreendimento, sendo realizado pela FCAV (Fundação Carlos Alberto Vanzolini) em conjunto com o grupo de professores e pesquisadores do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, visando certificar o desempenho ambiental de edifícios nas fases de: programa, concepção e realização (RODRIGO E CARDOSO, 2010.).

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um programa de certificação para projeto, construção e operação de edifícios sustentáveis, idealizado pela Organização não governamental americana USGBC – United States Green Building Council. Essa certificação é concedida de acordo com os critérios de racionalização de recursos atendidos por um edifício. A certificação LEED já possui cerca de 91.700 projetos aprovados ou em fase de aprovação divididos entre os mais de 165 países onde está disseminada. No Brasil essa é a certificação sustentável mais conhecida e recorrente; o representante LEED nacional é a GBC Brasil, que atualmente disponibiliza oito tipos de classificações, sendo elas direcionadas para novas construções e grandes projetos de renovação, desenvolvimento de bairro, projetos da envoltória, lojas de varejo, unidades de saúde, operação de manutenção de edifícios existentes, escolas e projetos de interiores e edifícios comerciais (GREEN BUILDING COUNCIL, 2017).

O EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) é um sistema de certificação de construções sustentáveis desenvolvido pelo IFC (International Finance Corporation) com processo simplificado para obter as credenciais de edifício verde. O programa consiste em um software que pode ser acessado gratuitamente e permite a avaliação de um projeto de construção de acordo com uma linha de base, apropriada para o país em questão, tendo em vista que essa certificação já está disponível para mais de 130 países (IFC, 2017). A base desse sistema é online e permite a rápida avaliação do desempenho do edifício em três áreas: energia, água e materiais. A certificação EDGE é adquirida quando se atinge um desempenho de no mínimo 20% melhor que a linha de base nas áreas. O objetivo é que a obtenção da certificação incentive importantes melhoras no desempenho sustentável do projeto, mas que não tenha grandes custos ao proprietário (RADA, 2016.).

De acordo com, uma das auditoras EDGE no Brasil, Maxine Jordan, 2017, “Avaliar a viabilidade de tecnologias ou estratégias construtivas nunca foi tão fácil. Ao invés de gastar dias fazendo simulações energéticas, é possível ter uma visão do desempenho do projeto em literalmente alguns minutos.” Esse programa de certificação está atualmente disponível para novas construções, escritórios, hospitais, hotéis, lojas, residências e edifícios existentes. O projeto pode ser cadastrado no sistema EDGE assim que a regra de 20% de redução em comparação à linha de base for atendida em todas as áreas (energia, água e materiais).

Em 2005 foi publicada pela ABNT a NBR 15.220 sobre desempenho térmico de Edificações, essa norma se divide em cinco partes que normatizam o zoneamento bioclimático brasileiro e estabelecem procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes da edificação.

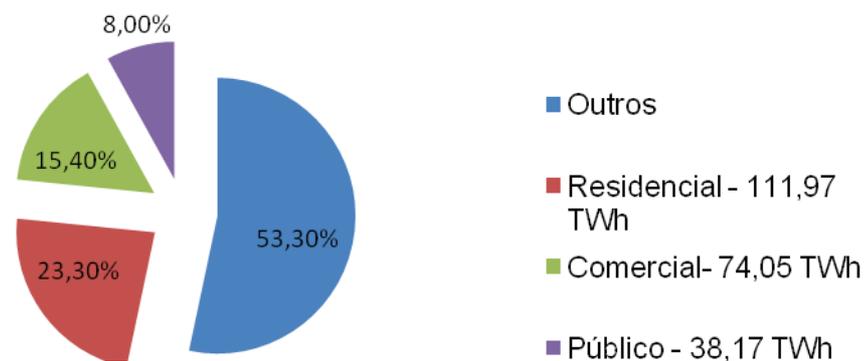
Posteriormente, em 2013, entrou em vigor a NBR 15575, que trata a respeito do Desempenho em Edificações Habitacionais. A NBR15575 define o nível de desempenho mínimo para vários requisitos de uma edificação, tais como vedações, instalações elétricas, hidrossanitárias, pisos, fachadas e cobertura. Outro objetivo é estabelecer as responsabilidades de todos os envolvidos, de projetistas, construtores, até os próprios usuários.

2.2. Consumo Energético E Conforto Ambiental

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, correspondem a aproximadamente 50% do total da eletricidade consumida no país (MME, 2015). A divisão exata por cada um dos setores pode ser percebida na Figura 1.

Figura 1 – Consumo de energia elétrica em edificações no Brasil.

Consumo de Energia Elétrica em Edificações no Brasil

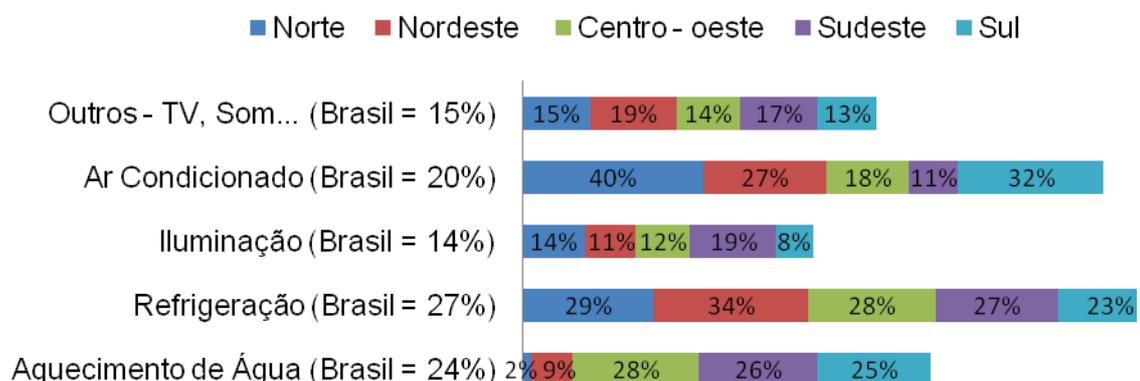


Fonte: Adaptado de Lamberts, 2014.

O setor residencial consome 23,3% do total da produção de energia elétrica no país. Conforme demonstrado na figura 2 a distribuição desse consumo ainda pode ser dividida entre: aquecimento de água, iluminação, ar condicionado, refrigeração (geladeira/freezer) e eletrodomésticos.

Figura 2 – Consumo por uso final de residência.

Consumo Final de Energia por Residência



Fonte: Adaptado de Lamberts, 2014.

A partir do diagrama anterior é possível notar que o Rio Grande Do Sul possui o segundo maior consumo de energia em ar condicionado e um dos maiores consumos de energia para o aquecimento de água. De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2003) o zoneamento bioclimático brasileiro está dividido em oito zonas. Grande parte do RS encontra-se na zona 2, e Porto Alegre se localiza na Zona bioclimática 3, com parâmetros de clima Subtropical, ou seja, no verão possui temperaturas elevadas e no inverno frio intenso, isso explica o elevado consumo de energia para aquecimento e resfriamento da água e dos ambientes.

As decisões de projeto arquitetônico têm forte influência no desempenho térmico e energético de uma edificação. O arquiteto deve levar em consideração diversos fatores para a eficiência do projeto, sendo preciso analisar o clima local utilizando estratégias de uso da luz natural, resfriamento e aquecimento passivo dos ambientes, além da posição solar, até o uso de fontes alternativas de energia (LAMBERTS, 2014).

O conforto ambiental é basicamente um conjunto de condições que permitem ao ser humano sentir bem-estar térmico, visual, acústico, além de garantir a qualidade do ar. Uma das funções da arquitetura é oferecer ao usuário condições térmicas compatíveis ao conforto ambiental no interior dos edifícios, não importando as condições climáticas externas. Segundo a ASHRAE Standard 55, conforto térmico é um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico. O conforto térmico representa a interação de variáveis ambientais, temperatura do ar, a temperatura radiante do ambiente e a umidade, com variáveis pessoais do ocupante, taxa metabólica e vestuário. Sendo assim, condições confortáveis são variáveis entre as pessoas. Porém a NR19, norma regulamentadora desenvolvida pelo Ministério do Trabalho, estabelece que um ambiente confortável deva estar entre 20° e 24°C. Em espaços naturalmente condicionados onde os ocupantes têm o controle de abertura e fechamento de janelas, a noção subjetiva de conforto é diferente, devido à disponibilidade de controle do fluxo de ar. A elevação da velocidade de entrada de ar no ambiente, abrindo mais as janelas, por exemplo, pode ser utilizada para compensar o aumento da temperatura interna, decorrente das trocas de calor entre o ocupante e o meio, e entre a transferência de calor das paredes para o ambiente interno (BREITENBACH, 2015).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo está descrito de maneira detalhada o método utilizado para o alcance dos objetivos desse artigo, que se propõem em analisar a redução do consumo energético através da aplicação de diferentes parâmetros sustentáveis.

3.1. Caracterização Da Pesquisa

Foi escolhido o método analítico comparativo a fim de investigar a edificação, decompondo-a em diversos elementos para observar a eficiência energética total.

O método de pesquisa analítica, segundo Fontelles (2009), é o tipo de pesquisa quantitativa que envolve uma avaliação mais aprofundada das informações coletadas, uma vez que procura explicar a relação entre os dados levantados e os resultados obtidos. Este método permite conhecer mais e compreender melhor o comportamento do objeto de estudo e os componentes analisados. Já o método comparativo permite que seja feita a análise de semelhanças e diferenças ao alterar parâmetros do objeto de estudo. De acordo com Fachin (2001) o método comparativo permite a análise de dados concretos e a dedução de semelhanças e divergências dos elementos pesquisados. Portanto, serão comparados 3 modelos de um mesmo edifício como diferentes materiais aplicados.

3.2. Revisão Bibliográfica

De acordo com Anjos e Ricciardi, 2015, as certificações ambientais contribuem para a sustentabilidade urbana, pois reduzem impactos ambientais, proporcionando conforto e bem-estar aos usuários. Com a utilização da certificação ambiental é possível promover a sustentabilidade do ambiente urbano e promover a conservação de recursos naturais.

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo essencial para que a edificação seja capaz de possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários, com baixo consumo de energia (LAMBERTS, 2014).

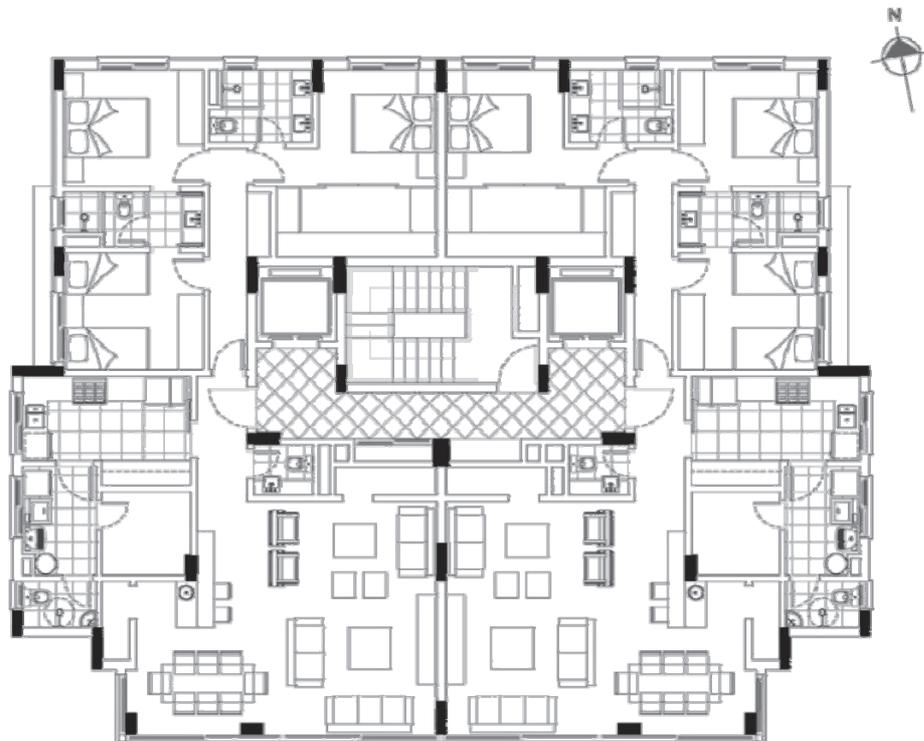
Para o desenvolvimento desse artigo buscou-se aprofundar os conhecimentos sobre eficiência energética e sistemas de certificação, através de normas, manuais e trabalhos técnicos.

3.3. Objeto De Estudo

O Edifício estudado foi selecionado para o desenvolvimento desse artigo por ser um edifício residencial de alto padrão, com construção convencional, sem o uso de elemento sustentáveis e em 2013 foi possível acompanhar a obra desse empreendimento desde a etapa de vedações até a parte de acabamentos, fases relevantes para a análise de eficiência energética.

Esse empreendimento localiza-se num dos bairros mais antigos da cidade, na região centro-sul de Porto Alegre. O empreendimento de 5771m² de área construída é constituído por 32 apartamentos de 132m² cada, sendo 2 apartamentos por andar. A fachada principal possui maior envidraçamento e encontra-se direcionada para Sul, os dormitórios direcionados para norte permitem que os ambientes sejam termicamente confortáveis, quente no inverno e fresco no verão. A distribuição da planta baixa, vista na Figura 3, permite a ventilação cruzada e privilegia a insolação nos cômodos de permanência. No verão os espaços voltados para norte receberão sol até o meio da tarde, o que pode reduzir o calor excessivo durante a noite.

Figura 3 – Planta baixa do objeto de estudo



Fonte: Adaptado do Projeto Arquitetônico, fornecido pelo escritório responsável.

Todas as características pertinentes alimentam os campos obrigatórios para o software desenvolver a linha base de eficiência energética do empreendimento. Além das características do empreendimento é fundamental acrescentar as informações sobre o ambiente onde o objeto de estudo está localizado. Portanto identificou-se que a cidade de Porto Alegre encontra-se demarcada como zona bioclimática 03 (ZBBR 3), conforme NBR 15220, com clima subtropical, ou seja temperaturas elevadas no verão e frias no inverno como pode ser observado na tabela 1 .

Tabela 1: tabela climática de Porto Alegre

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.8	24	21.8	18.6	15.8	14.7	14.9	16.3	18.2	20.5	22.7	21.6
Temperatura mínima (°C)	20.1	19.5	17.4	14.1	11.5	10.3	10.6	11.8	13.2	15.4	17.4	16.9
Temperatura máxima (°C)	29.6	28.5	26.2	23.1	20.1	19.2	19.3	20.8	23.2	25.7	28.1	26.3

Fonte: Climate Data.org, 2017.

As temperaturas médias obtidas nessa tabela foram inseridas como padrão de entrada no item “temperatura externa mensal média” para o cálculo do aplicativo.

Além das informações sobre temperatura e orientação solar, também é necessário informar ao aplicativo o dimensionamento dos ambientes, para assim definir parâmetros sobre iluminação e ventilação natural com base nos cálculos de proporção entre áreas de janela. Na tabela 2, abaixo, estão listados os dados ministrados para que o software consiga desenvolver os gráficos de economia de energia, água e materiais.

Tabela 2: Dados básicos do objeto de estudo

Dados da construção	
Tipo de unidade	Apartamento
Área média da unidade	132,00 m ²
Dormitórios por unidade	03
Nº de pavimentos	17
Unidades (apartamentos)	32
Número de ocupantes por unidade	05
Detalhes das unidades	
Área de Dormitórios	34,00 m ²
Área Cozinha	9,00 m ²
Área Sala de Estar/Jantar	37,00 m ²
Área de Banheiros	8,00 m ²
Áreas de lavanderia, lavabo, etc...	44,00 m ²
Área interna bruta	132,00 m ²
Comprimento linear de paredes	37 m
Razão Janela X Piso	23,5%
Combustível pra aquecimento de água	Gás Natural
Combustível pra aquecimento do ambiente	Eletricidade

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.4. Ferramenta De Análise

Posteriormente ao estudo do projeto arquitetônico aplicaram-se os parâmetros do projeto original ao software de avaliação e certificação EDGE, escolhido por se tratar de um aplicativo gratuito que disponibiliza o desempenho das soluções técnicas aplicadas por meio de gráficos e valores de economia de energia, água e materiais para edificações construídas, além da praticidade, essa certificação já está adaptada para os padrões de custo e consumo brasileiro.

Esse software, de uso livre, faz parte do Método de Certificação EDGE no Brasil, no qual é possível através das informações básicas sobre o projeto definir uma linha base de análise, onde a partir disso pode acrescentar medidas para obter resultados melhores de eficiência energética.

Para que o software defina os resultados do edifício padrão é necessário informá-lo sobre: localização geográfica, tipologia, área, quantidades de andares,

orientação solar e número de ocupantes. Outros campos de preenchimento obrigatório são, por exemplo, a proporção de vidro na fachada, a transmitância térmica das paredes e cobertura, ao definir o material utilizado, e a eficiência (COP) do sistema de ar condicionado.

O consumo anual de energia desse edifício será calculado pelo aplicativo online por meio de um método de modelagem quasi-steady-state baseado na norma ISO 13790 e na norma Europeia CEN. Esse método de modelagem fica entre a modelagem steady-state, que considera apenas um momento de operação, o pior dia, e a simulação dinâmica que considera o desempenho ao longo do ano (JORDAN, 2017).

Assim foi possível obter todos os gráficos e resultados do projeto original, o software disponibiliza um gráfico para cada etapa da análise, a primeira coluna demonstra o projeto aplicado sem nenhum critério de eficiência energética incorporada. Já a segunda coluna comprova o aumento de economia à medida que se aplicam os parâmetros de eficiência energética.

Alguns elementos listados pelo software já estão incorporados no estudo devido ao fato que o projeto original já possui determinadas tecnologias como padrão. A partir da listagem fornecida pelo aplicativo foi possível definir outros elementos a serem substituídos, acrescentados ou melhorados a fim de aumentar a eficiência energética do estudo de caso.

3.5. Estratégias Para Eficiência Energética

As estratégias para melhorar o desempenho energético do edifício serão o foco do estudo, apesar de o aplicativo EDGE permitir a análise de outros fatores, nesse artigo será feito variações apenas no que se refere à energia, água e materiais.

3.5.1. Energia

Na etapa direcionada para a economia de energia o aplicativo disponibiliza uma lista com vinte e duas possíveis medidas a serem adotadas para a eficiência energética.

O Projeto original, usado como base, já possui os parâmetros de ventilação natural, sistema de ar condicionado, lâmpadas de baixo consumo e controle de iluminação nas áreas comuns. Nas etapas seguintes, serão aplicados os seguintes parâmetros para cada uma das alternativas:

- Tinta refletora para paredes externas – variação Índice de Refletância Solar.

O índice de refletância solar é a medida da capacidade de uma superfície de refletir a radiação solar reduzindo o aumento da temperatura causada pela absorção da radiação. No que se refere às tintas refletoras para paredes externas foram escolhidas duas cores próximas ao projeto original para fazer a análise das duas diferentes alternativas.

Tabela 3: Cores e parâmetros – Paredes externas

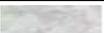
	Nome da cor	Índice de Refletância Solar (%)	COR:
Alternativa 01	Branco Gelo	53,6%	 Branco Gelo
Alternativa 02	Branco Neve	72,8%	 Branco Neve

Fonte: Dornelles, 2008 p.82 e p.96.

- Tinta refletora para telhado – variação do Índice de Refletância Solar (SRI).

No caso de telhados e coberturas o valor SRI que os materiais devem atender depende da inclinação na obra: SRI \geq 39 – alta inclinação ou SRI \geq 82 – baixa inclinação (BORTOLÍ, 2016).

Tabela 4: Cores e parâmetros – Telhado

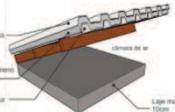
	Nome da cor	Índice de Refletância Solar (%)	COR:
Alternativa 01	Telha Grés (marca A) Cor bege	83,65%	
Alternativa 02	Telha Reciclável com revestimento longa vida	73,91%	

Fonte: Bortolí e Schabbach, 2016 p.747.

- Isolamento no telhado – alteração do valor U (transmitância térmica).

O valor U representa o coeficiente de transferência de calor, quanto menor é o coeficiente u do elemento, menores são as suas dispersões de calor. Para o isolamento do telhado determinou-se dois modelos aplicados sobre uma laje maciça de concreto, conforme executado a partir do projeto original, com variação do tipo de telha.

Tabela 5: composição de telhado.

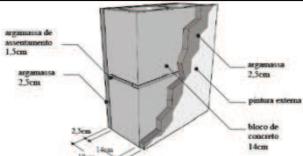
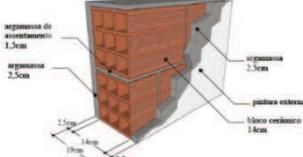
	Composição	Valor U (W/m²k)	Esquema Gráfico
Alternativa 01	Laje maciça 10 cm, telha cerâmica	2,05	
Alternativa 02	Laje maciça 10 cm, telha metálica 0,1 cm, poliestireno (isopor) 4 cm e telha metálica 0,1 cm	0,68	

Fonte: Portaria Imetro 50/2013 - Anexo V, atualização 2015.

- Isolamento térmico para paredes externas - alteração do valor U.

O isolamento de paredes externas foi escolhido com base nos padrões construtivos do projeto original, onde as paredes externas possuem reboco em ambas as faces e executadas em alvenaria comum, para cada uma das alternativas a variável nas paredes será apenas o tipo de bloco utilizado.

Tabela 6: composição de paredes externas.

	Composição	Valor U (W/m²k)	Esquema Gráfico
Alternativa 01	Argamassa interna 2,5 cm, Bloco de concreto 14 x 19 x 39, Argamassa externa 2,5 cm e pintura externa	2,69	
Alternativa 02	Argamassa interna 2,5 cm, Bloco cerâmico 14 x 19 x 29, Argamassa externa 2,5 cm e pintura externa	1,85	

Fonte: Portaria Imetro 50/2013 - Anexo V, atualização 2015.

- Vidros de alto desempenho térmico – variação do valor U do vidro.

Para aplicação de vidros de alto desempenho térmico foram escolhidos dois vidros claros, com a espessura resultante de 6 mm. Nessa etapa não foi considerada a estrutura da esquadria, apenas as taxas encontradas para o vidro isoladamente com os valores na tabela abaixo.

Tabela 7: vidros de alto desempenho.

	Composição	Valor U (W/m²k)	Fator Solar (FS)
Alternativa 01	Vidro Simples claro 6 mm	8,352	0,906
Alternativa 02	Vidro Duplo claro 2 x 3mm = 6mm	2,73	0,775

Fonte: Milbratz, 2007, p.21.

A aplicação de cada um dos itens relacionados para as alternativas 01 e 02 resultará em diferentes gráficos onde será possível analisar comparativamente as diferenças de eficiência energética relacionadas às alternativas escolhidas.

3.5.2. Água

Na etapa direcionada para eficiência no uso de água o aplicativo disponibiliza uma lista com oito possíveis medidas a serem adotadas para a economia do consumo de água. No projeto original, usado como base, já tem o parâmetro de vasos sanitários com duplo acionamento aplicado como sistema.

Além desse serão aplicados os seguintes parâmetros, em duas alternativas:

- Sistema de coleta de águas pluviais – ocorrerá a variação da porcentagem de área do telhado utilizada para esse sistema.
- Reuso de água cinza para as descargas - o projeto original possui sistema de coleta de águas pluviais de acordo com a legislação pertinente no período da aprovação desse projeto em Porto Alegre, que determinava 2% da área total do terreno o equivalente à 33m³, no entanto para a análise no aplicativo EDGE esse valor não tem expressão e por esse motivo foi desconsiderado.

Para a alternativa 01 não será aplicado o reuso de água cinza e serão considerados 25% da área de telhado utilizado para o recolhimento de águas pluviais. Já na alternativa 02 será estimado que 50% da área do telhado servirá para o recolhimento de águas pluviais. Com esse aumento de recolhimento de água decidiu-se por aplicar o reuso de água cinza para as descargas, e não só para limpeza externa, possibilitando o aumento da economia de água.

Tabela 8: parâmetros selecionados para uso eficiente de água

	Projeto Original	Alternativa 01	Alternativa 02
Sistema de coleta de águas pluviais	Não aplicado	Aplicado 25% da área de telhado	Aplicado 50% da área de telhado
Reuso de água cinza para as descargas	Não aplicado	Não aplicado	Aplicado

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

3.5.3. Materiais

Tendo em vista que o objetivo desse trabalho é qualificar a eficiência energética da edificação pré-existente, foi considerada que para todos os estudos os materiais aplicados para laje e paredes internas serão os mesmos.

Sendo assim, sofrerão alterações:

- Paredes externas - modificação coerente com o parâmetro aplicado na composição de paredes externas no item de Energia.

Para alternativa 01 foi determinado a aplicação de parede externa em bloco de concreto com argamassa em ambas as faces. E na alternativa 02 foi escolhida a aplicação de bloco cerâmico com argamassa em ambos os lados.

-Piso – variação entre piso de madeira laminado e piso de cerâmica.

Tendo em vista que a construtora entrega o apartamento apenas com o contra-piso pronto, escolheu-se para as alternativas a aplicação dos dois tipos de pisos mais usuais no mercado.

- Esquadrias de janela – variação entre alumínio, madeira ou PVC.

Assim como no item anterior foi considerado os materiais de maior uso no mercado, para determinar as variações entre o projeto original, com esquadrias em alumínio com vidro simples 3mm, para a alternativa 01 com esquadria em PVC e vidro simples 6mm e para alternativa 02 com esquadrias em Madeira e vidro duplo.

Tabela 9: parâmetros aplicados para eficiência de materiais

	PROJETO ORIGINAL	ALTERNATIVA 01	ALTERNATIVA 02
Paredes Externas	Parede de tijolos comum com reboco interno e externo	Parede de bloco de concreto com reboco interno e externo	Parede de bloco cerâmico com reboco interno e externo
Pisos	Piso de concreto (sem revestimento, conforme entrega da obra)	Piso de madeira laminada	Piso de ladrilho de cerâmica
Esquadrias de janelas	Alumínio (conforme entrega da obra)	PVC	Madeira

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Para realizar a modelagem do projeto original no aplicativo foram analisados todos os parâmetros encontrados. Além disso, foram realizadas mais duas alternativas com melhorias para eficiência energética, em cada uma delas foi adotado diferentes parâmetros, visando reduzir o consumo de energia, água e

materiais. Foi elaborada a tabela resumo abaixo para demonstrar as diferenças entre cada uma das alternativas e do projeto original.

Tabela 10: Tabela resumo de parâmetros aplicados

ETAPAS	PARÂMETROS	PROJETO ORIGINAL	ALTERNATIVA 01	ALTERNATIVA 02
ENERGIA	Ventilação natural	Aplicado	Aplicado	Aplicado
	Sistema de ar condicionado	Aplicado	Aplicado	Aplicado
	Lâmpadas de baixo consumo	Aplicado	Aplicado	Aplicado
	Controle de iluminação - áreas condominiais	Aplicado	Aplicado	Aplicado
	Tinta refletora para paredes externas	Não aplicado	Aplicado Cor :Branco Gelo SRI: 53,6%	Aplicado Cor: Branco Neve SRI: 72,8%
	Tinta refletora para telhado	Não aplicado	Aplicado Telha Grés Cor bege SRI: 83,65%	Aplicado Telha Reciclável Cor Prata SRI: 73,91%
	Isolamento térmico para paredes externas	Não aplicado	Aplicado Bloco de Concreto e rebocos U: 2,69 W/m ² k	Aplicado Bloco cerâmico e rebocos U: 1,85 W/m ² k
	Isolamento térmico para telhado	Laje de concreto U: 3,73 W/m ² k	Telha cerâmica U: 2,05W/m ² k	Telha metálica com poliestireno U:0,68w/m ² k
	Vidros de alto desempenho térmico	Não Aplicado	Aplicado Vidro simples 6mm U: 8,352 W/m ² k	Aplicado Vidro duplo 2 x 3 mm = 6 mm U:2,73 W/m ² k

ÁGUA	Vasos sanitários com duplo acionamento	Aplicado 3 litros ou 6 litros	Aplicado 3 litros ou 6 litros	Aplicado 3 litros ou 6 litros
	Sistema de coleta de águas pluviais	Não aplicado	Aplicado 25% da área do telhado	Aplicado 50% da área do telhado
	Reuso de água cinza para as descargas	Não Aplicado	Não Aplicado	Aplicado
MATERIAIS	Construção do telhado	Laje de concreto impermeabilizada entregue pela construtora	Laje de concreto sob telhado em telha cerâmica	Laje de concreto sob telhado em telha metálica com poliestireno
	Paredes Externas	Paredes de tijolo comum com reboco em ambos os lados	Paredes de bloco de concreto com reboco em ambos os lados	Paredes de bloco cerâmico com reboco em ambos os lados
	Piso	Contra-piso de 5cm	Piso de madeira laminada	Piso de cerâmica
	Esquadrias (janelas)	Alumínio	PVC	Madeira

4. ANÁLISES E RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação das características do edifício residencial e suas alternativas no software EDGE.

4.1. Modelo De Referência – Projeto Original

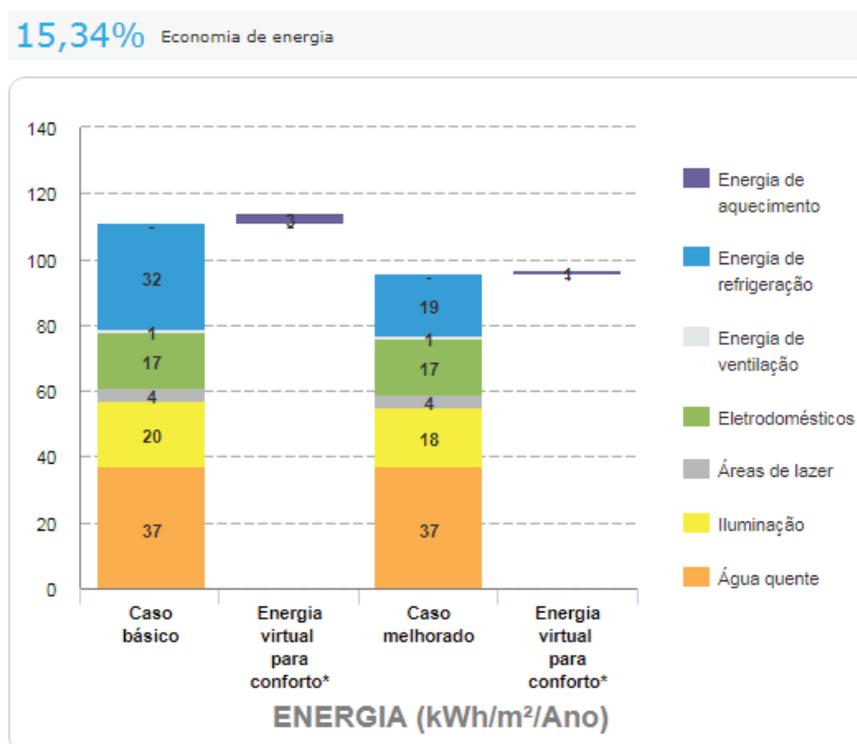
Após a identificação de todos os parâmetros encontrados no projeto original, foi realizada a simulação no aplicativo EDGE. Os parâmetros descritos na coluna “projeto original” da tabela 10 foram aplicados para calcular os resultados de eficiência energética do projeto. Além desses parâmetros ainda foram indicados no aplicativo todos os itens de projeto descritos na tabela 02 do presente artigo.

4.1.1 Energia

Ao considerar que no projeto original já estão aplicadas algumas medidas de eficiência energética o software gera duas colunas paralelas em um gráfico (Figura 4).

A Figura 4 mostra o consumo energético no projeto original, onde a segunda coluna demonstra o estudo de caso do edifício já com os itens de ventilação natural, sistema de ar condicionado, lâmpadas de baixo consumo instaladas e controle de iluminação, aplicados de acordo com o projeto.

Figura 4: Consumo de energia – Projeto original



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O item ventilação natural reduz o consumo de energia para refrigeração dos ambientes, assim como o sistema de ar condicionado eficiente que além de contribuir para a redução de energia para refrigeração também reduz o uso de energia para aquecimento dos ambientes, totalizando aproximadamente 13% de economia.

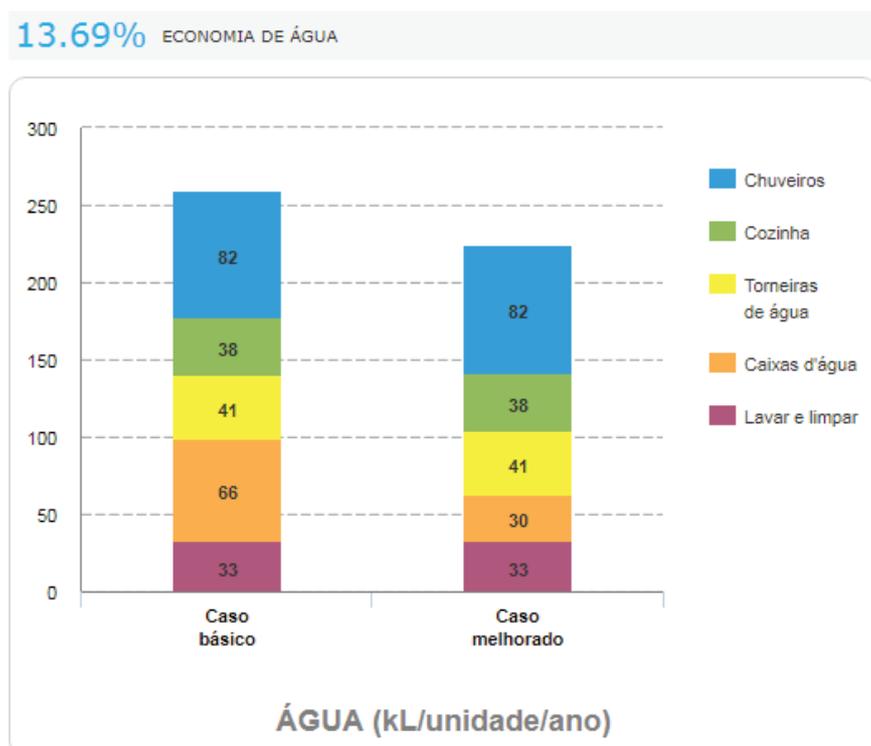
Já os itens de lâmpadas de baixo consumo e controle de iluminação colaboram pra redução do consumo de iluminação, diminuindo em 2% o uso de energia.

4.1.2.Água

Assim como no item anterior o software gera um gráfico com duas colunas (Figura 5).

A primeira coluna do gráfico representa o edifício sem qualquer medida para economia de água. Já a segunda coluna do gráfico representa o projeto original em que foi adotado o uso de vasos sanitários de duplo acionamento.

Figura 5: Consumo de água – Projeto original



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

É possível notar que o projeto original possui uma economia no consumo de água de 13,69% por ter adotado apenas essa medida de eficiência. Essa economia pode ser percebida na redução da porcentagem de uso das caixas d'águas.

4.1.3.Materiais

Foram preenchidos os dados necessários para descrever os materiais de construção do projeto original.

As paredes são constituídas de tijolos comuns com reboco em ambas as faces e a cobertura da edificação é composta por uma laje de concreto

impermeabilizada, os demais sistemas construtivos estão especificados na tabela 11, abaixo.

Tabela 11: materiais de construção utilizados

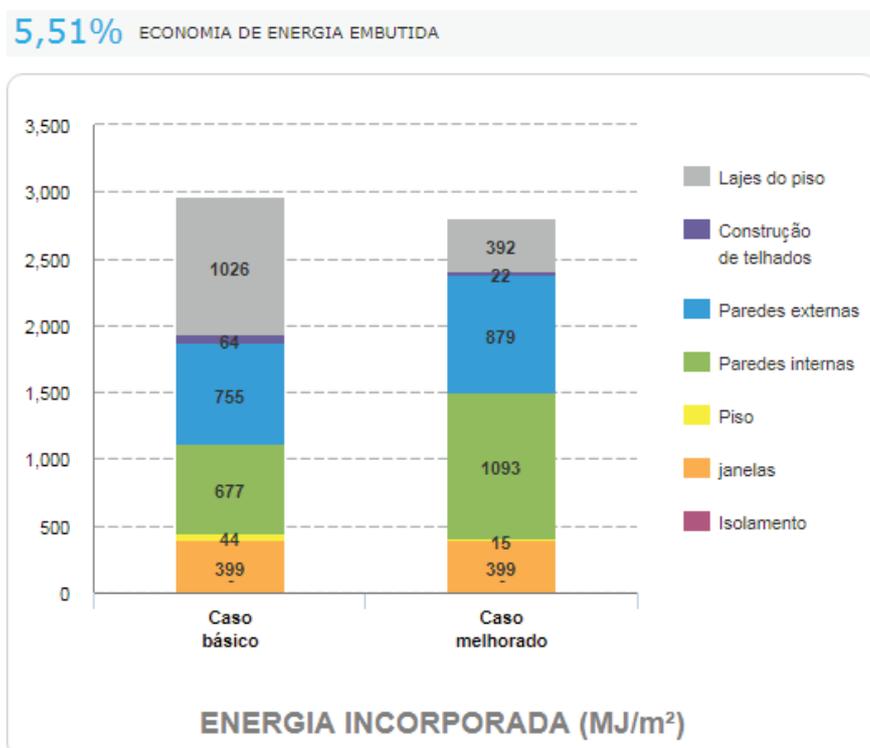
Sistemas Construtivos	Composição	Dimensões
Laje do piso	Laje com enchimento de concreto	15 cm de espessura
Construção do telhado	Laje com enchimento de concreto com impermeabilização	12 cm de espessura + 15cm impermeabilização
Paredes externas	Paredes de tijolos comuns com reboco em ambas as faces	19cm (largura do tijolo) + 2 cm de reboco em cada lado = 23cm
Paredes internas	Paredes de tijolos comuns com reboco em ambas as faces	11,5 cm (largura do tijolo) +2cm de reboco em cada lado = 15,5 cm
Piso	Piso de concreto acabado	Contrapiso de 5 cm
Esquadrias de janela	Esquadrias de alumínio	Montantes com 6 cm

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

As paredes são constituídas de tijolos comuns com reboco em ambas as faces e a cobertura da edificação é composta por uma laje de concreto impermeabilizada.

A partir desse preenchimento o aplicativo desenvolve o gráfico abaixo (figura 06). A coluna da esquerda demonstrada no gráfico representa uma hipótese de construção, já a coluna da direita é determinada a partir da aplicação dos dados descritos acima.

Figura 6: Energia embutida – Projeto Original



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Ao fazer a leitura do gráfico é possível notar que em determinados itens a solução utilizada no projeto original demanda mais energia incorporada se comparada com a coluna de “caso básico” calculada pelo aplicativo.

O exemplo disso está na energia incorporada nas paredes internas, onde o fato de indicar que as paredes são construídas em tijolos e rebocos em ambos os lados a porcentagem de energia aumentou de 23% para 39%, um acréscimo de energia de 16%. Então se para essa mesma construção fosse adotado outro sistema construtivo para as paredes internas seria possível obter uma economia maior.

As paredes externas também sofreram um aumento de 6% em energia incorporada para a construção. No entanto, o material aplicado para construção de telhado possibilitou a redução de 1% do total da energia incorporada.

E ao final da aplicação dos materiais conseguiu-se uma economia de 5,51% da energia incorporada, graças à escolha construtiva das lajes entre pavimentos, está sofreu a maior economia em relação a materialidade esperada pelo aplicativo.

4.1.4.Resultado – Projeto Original

Depois de preenchidos todos os requisitos o aplicativo disponibiliza os resultados finais do projeto original aplicado. Com a planilha de resultados é possível constatar qual a economia estimada para o empreendimento usado como linha base que já possui algumas estratégias de eficiência energética aplicada.

Com os gráficos demonstrados para esse edifício nota-se que em nenhuma das categorias ele atinge a redução de 20% necessária para a certificação pelo sistema EDGE, no entanto é possível analisar o custo, a economia e o tempo de retorno do investimento para aplicação dos sistemas existentes.

Tabela 12: Resultados finais – Projeto original

Resultados	Consumo final de energia	1050,36	kWh / mês / unidade
	Consumo final de água	18690	L / mês / unidade
	Economia operacional de CO ²	0,14	tCO ² / ano
	Economia de energia embutida	25360,12	MJ / unidade
	Custos básicos com serviços públicos (Energia e Água)	133,70	R\$ / mês / unidade
	Redução nos custos com serviços públicos (Energia e Água)	18,36	R\$ / mês / unidade
	Custo incremental	535,51	R\$ / unidade
	Retorno em anos	2,43	Anos

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Nessa tabela de resultados é possível identificar que a aplicação dos sistemas escolhidos determina um custo de 535,51 reais por unidade, mas esse custo terá um retorno em 2,43 anos considerando a economia com os serviços de fornecimento de água e luz.

4.2. Modelo Comparativo – Alternativa 01

Foram aplicados para este modelo todos os parâmetros descritos na coluna “alternativa 01” da tabela 10 para calcular os resultados de eficiência energética do projeto com esses sistemas incorporados. Além desses parâmetros ainda foram indicados no aplicativo todos os itens gerais de projeto descritos na tabela 02 do presente artigo.

4.2.1. Energia

Após determinar os sistemas a serem incorporados no edifício foram definidos quais materiais correspondiam aos valores de transmitância térmica e refletância solar necessários para melhorar o desempenho energético em cada um dos parâmetros descritos na tabela 13.

Tabela 13: composição e valores dos parâmetros aplicados.

Parâmetro	Composição	Valor
Tinta refletora para paredes externas	Tinta Metalatex Acrílica Fosca - Branco Gelo	Índice de refletividade solar = 53,6%
Tinta refletora para telhados	Tinta refletora para telhados na cor Bege	Índice de refletividade solar = 83,65 %
Isolamento no telhado	Laje maciça 10 cm, câmara de ar > 5 cm e telha cerâmica	Transmitância térmica Valor U= 2,05 W/m ² k
Isolamento nas paredes externas	Argamassa interna 2,5 cm, Bloco de concreto 14 x 19 x 39 Argamassa externa 2,5 cm e pintura externa	Transmitância térmica Valor U= 2,69 W/m ² k
Vidros de alto desempenho térmico	Vidro Simples claro 6 mm	Transmitância térmica Valor U= 8,35 W/m ² k

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Ao aplicar todos os parâmetros descritos acima o software gera um gráfico, explanado na figura 07. A primeira coluna do gráfico mostra o caso básico do edifício sem nenhum tipo de economia, essa coluna será exatamente igual para a categoria de energia em todas as alternativas, já a segunda coluna do gráfico demonstra o caso melhorado a partir dos valores de refletância e transmitância térmica aplicados.

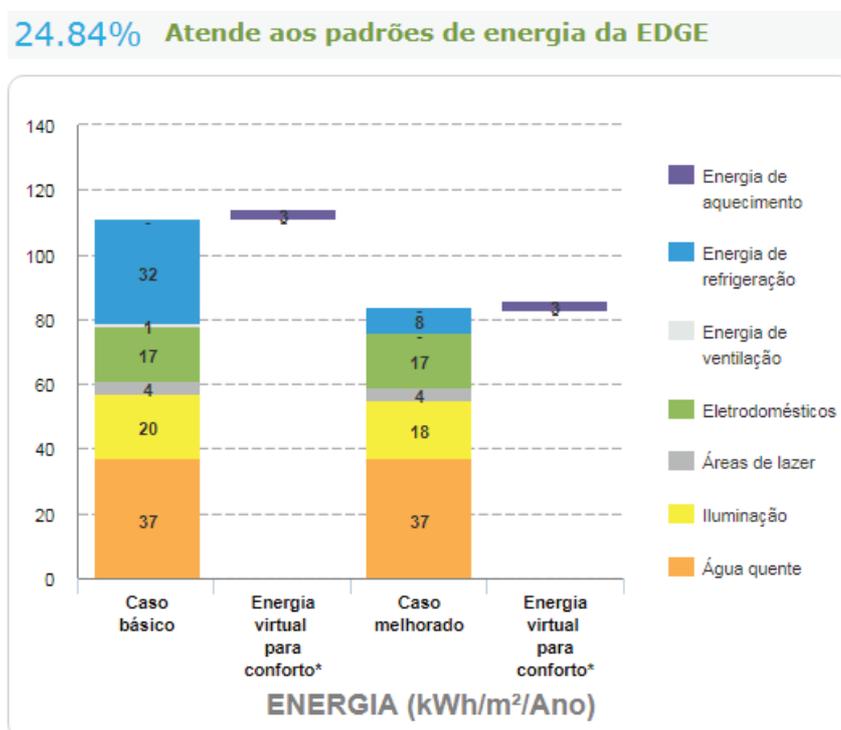
No caso da tinta refletora para as paredes externas, a cor branco gelo, apesar de ser utilizada como opção para cores claras, apresenta porcentagem de absorvância elevada, pois se aproxima de 46%, sendo que é esperado que cores claras reflitam mais o calor (DORNELLES, 2008).

A telha na cor bege, quando comparada com telhas convencionais de cerâmica na cor marrom, é a cor que possui melhor índice de refletância ao considerar o coeficiente convectivo para média condição de vento, valor ponderado de acordo com a localização do edifício (BORTOLÍ, 2016).

Para o isolamento mais eficaz do telhado decidiu-se considerar a aplicação de telha cerâmica sobre a laje maciça impermeabilizada, existente no projeto original. E para as paredes externas foi considerado nessa alternativa como se a construção tivesse sido executada com bloco de concreto.

Nos vidros de alto desempenho térmico decidiu-se por aumentar a espessura do vidro para 6mm com intuito de melhorar sua função, tendo em vista que o vidro simples claro de 3mm é o mais comum na construção civil brasileira.

Figura 7: Consumo de Energia – Alternativa 01



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A figura 7 demonstra as resultantes da aplicação dos parâmetros mencionados. A alteração desses 5 itens reduziu principalmente o consumo de energia para refrigeração do empreendimento. Ou seja, com porcentagens maiores nos itens de refletância térmica, o aquecimento interno é menor, e a perda de calor por sua vez mais lenta.

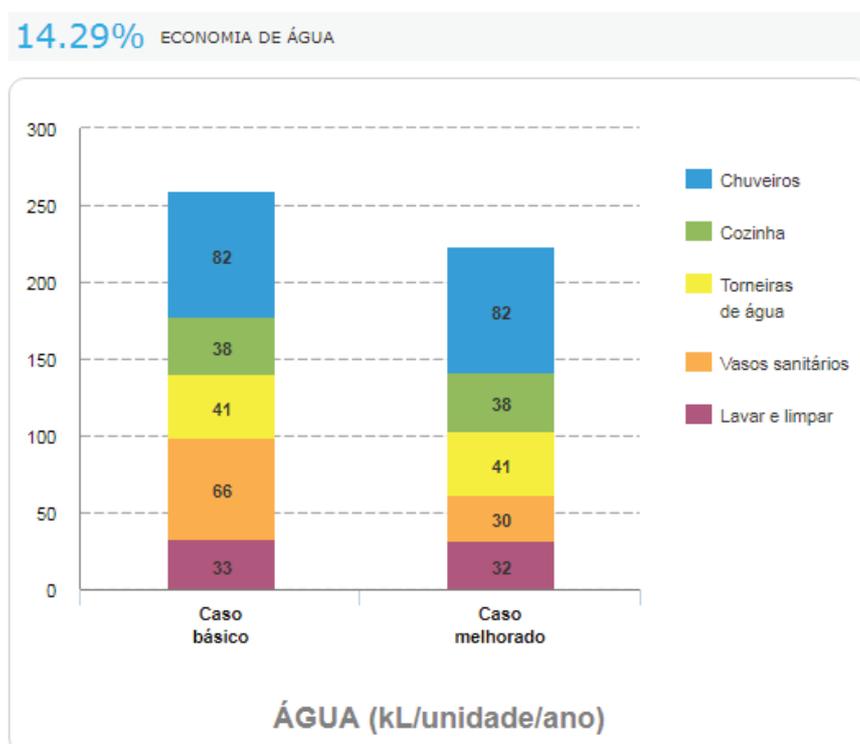
Os demais incrementos já existentes no edifício contribuíram para a redução do consumo de energia com iluminação e ventilação. No entanto a redução desses 24,84% se deu principalmente pela escolha de materiais adequados ao isolamento térmico do modelo. O software sinaliza quando o modelo atende mais de 20% de

economia numa etapa porque com esse percentual o edificio poderia obter a certificação EDGE.

4.2.2. Água

Para aumentar a economia de água no empreendimento, além da aplicação já existente do sistema de acionamento duplo de descarga, decidiu-se por considerar a instalação do sistema de coletas de águas pluviais em 25% da área do telhado. O objetivo desse recolhimento é para que possa haver o reuso dessa água, depois de tratada e filtrada, para a limpeza dos ambientes.

Figura 8: Consumo de água – Alternativa 01



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

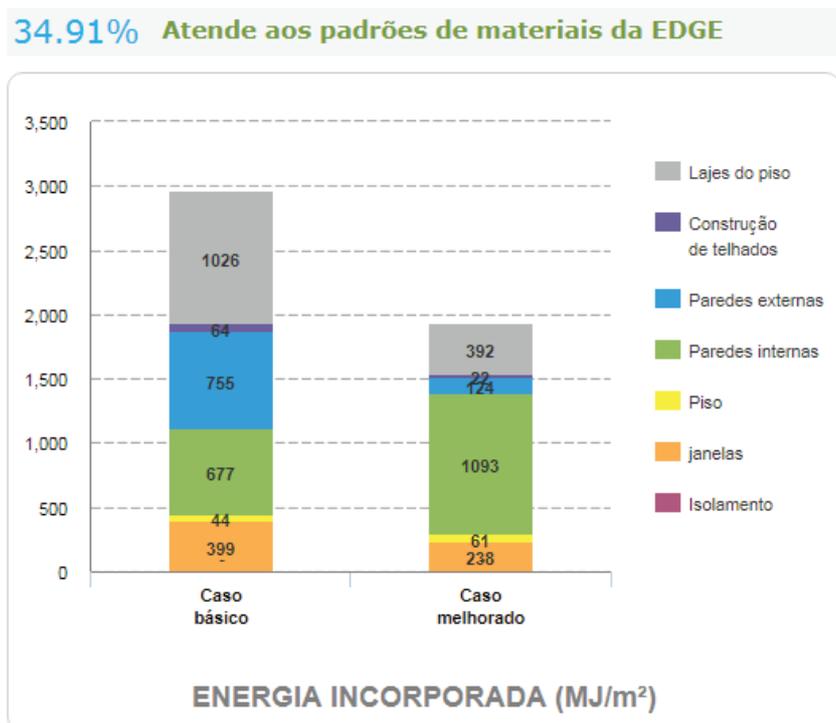
Ao fazer a análise do gráfico acima é possível notar que a implementação do sistema de recolhimento de água pluvial não teve muita influência para redução do consumo de água. Esse sistema contribui apenas com 1% de economia para esse item, o restante foi atingido com o sistema de acionamento duplo para os sanitários.

4.2.3. Materiais

No telhado considerou-se que acima da laje impermeabilizada existente seria instalado o telhado cerâmico na cor bege, como indicado na etapa de energia. As paredes externas foram substituídas de paredes de tijolos comuns do projeto original, por paredes de bloco de concreto de peso médio com reboco em ambas as faces na alternativa 01, enquanto as paredes internas permaneceram iguais as do projeto original.

Para o piso foi considerada a instalação de laminado de madeira e as esquadrias foram consideradas como sendo em PVC, com vidro simples de 6mm conforme descrito na etapa de economia de energia. A figura 09 representa os resultados de economia de energia incorporada aos materiais.

Figura 9: Energia embutida – Alternativa 01



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A escolha feita para as paredes externas indicam uma economia de energia incorporada ao sistema de 8%, isso se dá ao fato de que a construção modular, nesse caso com blocos de concreto, racionaliza a construção evitando o desperdício no canteiro de obras. Além disso, as janelas em PVC proporcionam cerca de 11%

de economia e a construção do telhado cerâmico acima da laje adiciona 2% de economia incorporada.

4.2.4.Resultado – Alternativa 01

Depois de todos os gráficos o software elabora uma planilha de resultados gerais para a alternativa aplicada. Nessa planilha se consegue observar o custo para implantação de todos os sistemas e o tempo de retorno em anos, além da economia gerada a partir desses sistemas.

Tabela 14: Resultados finais – Alternativa 01

Resultados	Consumo final de energia	912,86	kWh /mês/ unidade
	Consumo final de água	18560	L / mês / unidade
	Economia operacional de CO ²	0,25	tCO ² / ano
	Economia de energia embutida	160678,65	MJ / unidade
	Custos básicos com serviços públicos (Energia e água)	133,70	\$ / mês / unidade
	Redução nos custos com serviços públicos (Energia e água)	30,21	\$ / mês / unidade
	Custo incremental	5252,13	\$ / unidade
	Retorno em anos	14,49	Anos

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Percebe-se que o custo para aplicação de todos os sistemas descritos nas etapas dessa alternativa é alto se comparado com o resultado do projeto original, no entanto é preciso notar que o consumo final de energia reduziu cerca de 138 kWh por unidade a cada mês, comparando com o projeto original. Além da economia nos custos com serviço público que praticamente dobrou.

A economia mais significativa está em energia embutida, que se refere à intensidade energética utilizada para extração, produção, transporte dos materiais utilizados e execução do edifício.

4.3. Modelo Comparativo - Alternativa 02

Foram aplicados para este modelo os parâmetros descritos na coluna “alternativa 02” da tabela 10 para calcular os resultados de eficiência energética do projeto com os sistemas incorporados.

4.3.1. Energia

Ao especificar acabamentos reflexivos para as paredes externas e para o telhado é possível reduzir a carga de resfriamento em espaços com ar condicionado e melhorar o conforto térmico em espaços não refrigerados. Já o isolamento térmico é usado para impedir a transmissão de calor do ambiente externo para o espaço interno, portanto quanto mais isolamento menor o valor U e melhor o desempenho da edificação.

Na tabela 15 encontram-se as descrições dos sistemas, os valores de transmitância térmica e refletância solar a serem incorporados ao edifício com intuito de ampliar a eficiência energética.

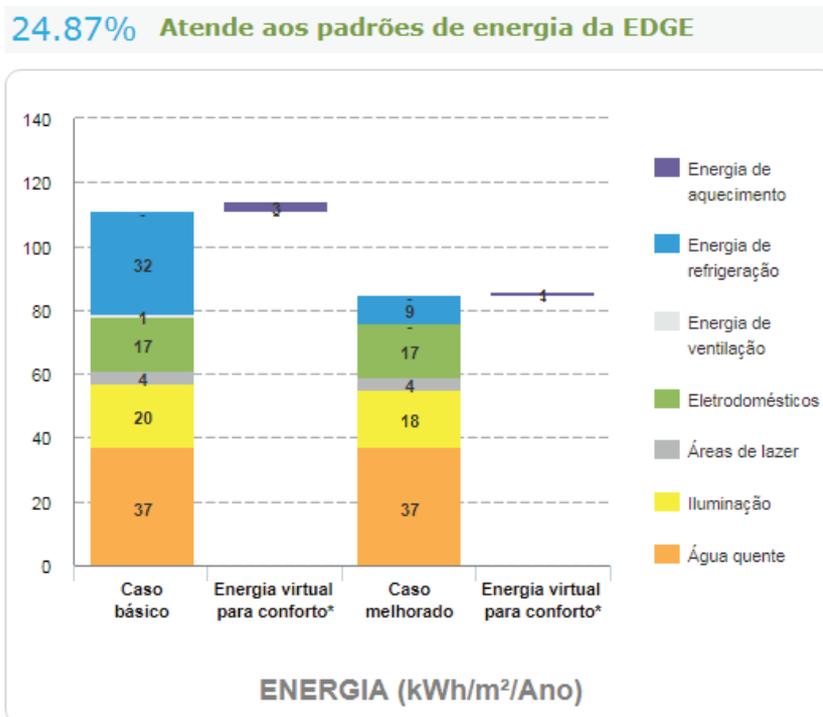
Tabela 15: composição e valores dos parâmetros aplicados.

Parâmetro	Composição	Valor
Tinta refletora para paredes externas	Tinta Suvinil látex PVA Fosca – Branco Neve	Índice de refletividade solar = 72,8%
Tinta refletora para telhados	Manta refletora para telhados – cor prata	Índice de refletividade solar = 73,91 %
Isolamento no telhado	Laje maciça 10 cm, câmara de ar > 5 cm e telha metálica+poliestireno	Transmitância térmica Valor U= 0,68 W/m ² k
Isolamento nas paredes externas	Argamassa interna 2,5 cm, Bloco cerâmico 14 x 19 x 29 Argamassa externa 2,5 cm e pintura externa	Transmitância térmica Valor U= 1,85W/m ² k
Vidros de alto desempenho térmico	Vidro Duplo claro 2x3mm = 6mm	Transmitância térmica Valor U= 0,77 W/m ² k

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Ao aplicar todos os parâmetros descritos acima o software gera um gráfico, ilustrado na figura 10. A segunda coluna do gráfico demonstra o caso melhorado a partir dos valores de refletância e transmitância térmica aplicadas.

Figura 10: Consumo de Energia – Alternativa 02



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A escolha da tinta refletora para as paredes na cor branca neve, auxiliam na diminuição do uso de energia para refrigeração, pois tintas com alto poder de refletância impedem que as paredes absorvam o calor.

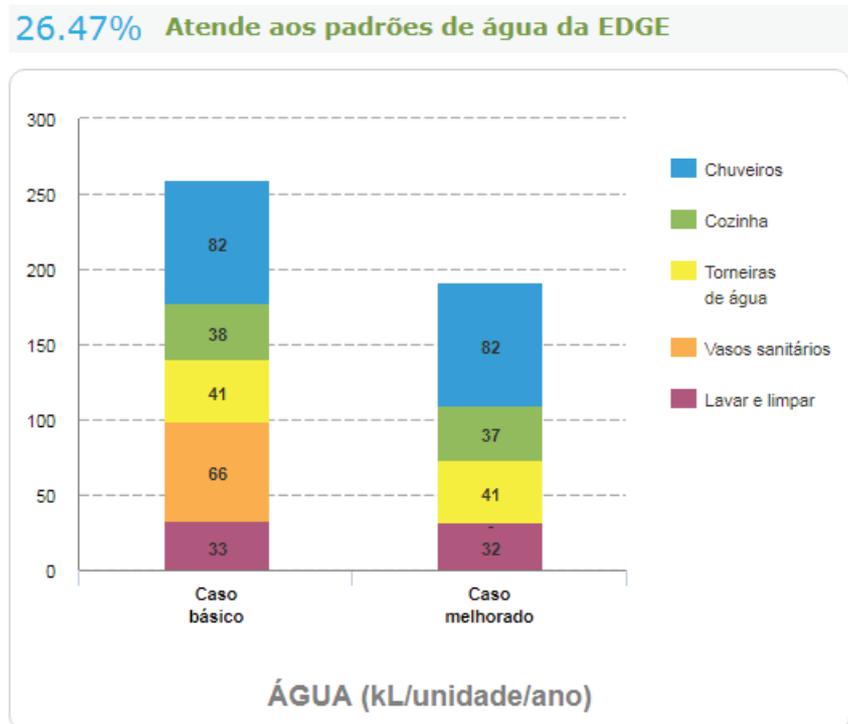
A colocação da telha com revestimento longa vida, na cor prata, apesar da diferente composição de polímero e alumínio, quando comparada com telhas convencionais de cerâmica na cor marrom, tem melhor desempenho para a redução das ilhas de calor na cidade (BORTOLÍ, 2016).

Para o isolamento mais eficaz do telhado decidiu-se considerar a aplicação de telha metálica com enchimento de poliestireno. E para as paredes externas foi considerado bloco cerâmico com revestimento em ambos os lados. Nos vidros de alto desempenho térmico decidiu-se por utilizar vidro duplo com espessura total de 6mm. A economia de 24,87% de energia foi atingida principalmente nos itens de aquecimento e resfriamento do edifício, o que significa que as escolhas adequadas das vedações do empreendimento torna o ambiente mais agradável.

4.3.2. Água

Para ampliar a economia de água no empreendimento decidiu-se por considerar a instalação do sistema de coleta de água pluvial em 50% da área do telhado para possibilitar a filtragem da água e a reutilização dessas para jardim e limpeza de ambientes. Foi também considerado o reuso de águas cinza para os vasos sanitários.

Figura 11: Consumo de água – Alternativa 02



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A coleta de água da chuva e o reuso de água cinza requerem um sistema de tubulação dupla para separar a água potável da água de reuso e distribuir corretamente a água coletada e armazenada para o uso interno em vasos sanitários ou para o jardim. Essa tubulação dupla aumenta o custo de instalação desse sistema, porém é fundamental para evitar a contaminação cruzada da água.

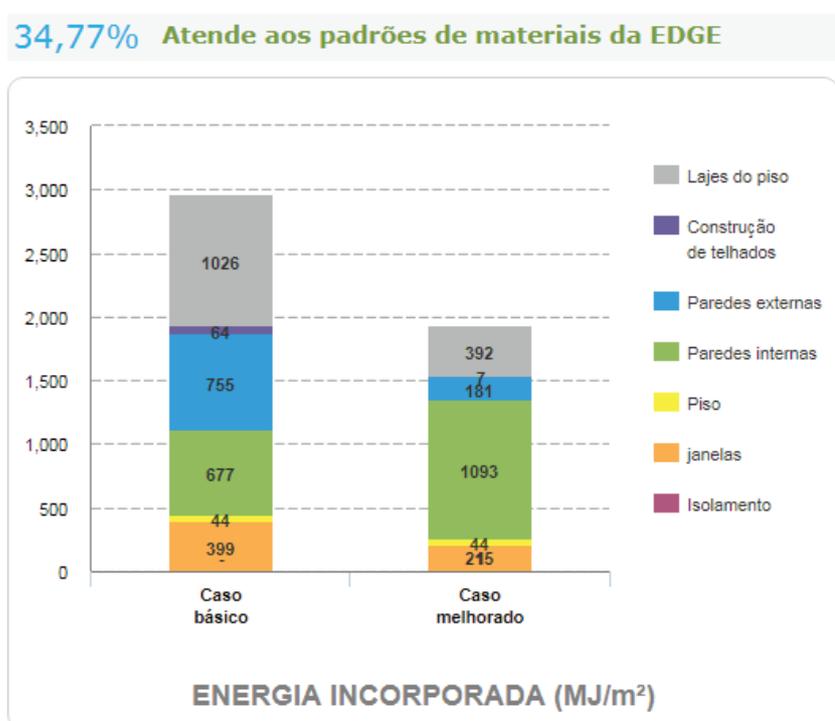
A economia de 26,47% está concentrada nos vasos sanitários, pois ao aplicar o reuso de águas cinza para as descargas não existirá mais consumo de água de abastecimento municipal para esse fim.

4.3.3. Materiais

A eficiência dos materiais é a terceira categoria de recursos para a redução do consumo energético.

Para a construção do telhado foi escolhido a instalação de telhas metálicas com poliestireno e que reduz aproximadamente 5% de energia. Telhados de aço são soluções econômicas tanto para construção quanto para operação e manutenção, além disso, as telhas metálicas possibilitam a instalação de isolamentos térmicos para melhor desempenho.

Figura 12: Energia embutida – Alternativa 02



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

As paredes externas foram consideradas com bloco cerâmico com reboco em ambos os lados o que proporciona 9% de economia de energia incorporada. Já a colocação de piso de cerâmica sobre a laje de concreto obteve não ocasionou nenhuma alteração no consumo de energia.

As esquadrias em madeira resultam em 12% de economia embutida por ser um material de fonte natural e com baixo consumo de energia para produção, no entanto em longo prazo o custo de manutenção tende a ser mais alto que as alternativas anteriores.

4.3.4.Resultado – Alternativa 02

Depois que todos os parâmetros foram preenchidos e os gráficos de todas as etapas foram demonstrados, o aplicativo disponibiliza uma tabela com os resultados gerais da alternativa aplicada. Nessa tabela é possível visualizar o custo para implantação todos os sistemas e a economia gerada a partir desses sistemas.

Tabela 16: Resultados finais – Alternativa 02

Resultados	Consumo final de energia	936,24	kWh /mês/ unidade
	Consumo final de água	15930	L / mês / unidade
	Economia operacional de CO ²	0,24	tCO ² / ano
	Economia de energia embutida	160048,14	MJ / unidade
	Custos básicos com serviços públicos (Energia e água)	133,70	\$ / mês / unidade
	Redução nos custos com serviços públicos (Energia e água)	30,77	\$ / mês / unidade
	Custo incremental	5370,09	\$ / unidade
	Retorno em anos	14,55	Anos

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O custo incremental para a instalação de todos os sistemas nessa alternativa aumentou cerca de 120 reais, se comparado com o valor demonstrado na alternativa 01. No entanto o consumo final de água foi reduzido em 2630 litros, com a instalação do sistema de reuso de águas cinza e o recolhimento de água pluvial.

O consumo final de energia aumentou 24 kWh/mês/unidade provavelmente por que a escolha do material aplicado para paredes externas nessa alternativa demonstrou um consumo maior de energia incorporada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo foi analisada a relação entre aplicações de diferentes sistemas em um edifício com o objetivo de alcançar melhores resultados de eficiência energética. A avaliação de edifícios é uma das iniciativas de comprometimento com o desenvolvimento sustentável das cidades. Este trabalho avaliou a eficiência

energética de um edifício residencial, localizado em Porto Alegre, aplicando os procedimentos de avaliação do sistema de certificação EDGE.

Quando simulado os materiais para paredes externas percebeu-se que a parede quanto composta por bloco de concreto com revestimento de reboco interno e externo, obtinha melhores resultados em economia de energia incorporada. Isso se dá porque com blocos padronizados é possível racionalizar a construção civil, dimensionando as paredes em projeto para que não haja desperdício.

A troca de vidro simples 6 mm da alternativa 01, para vidro duplo, na alternativa 02, proporcionou maior economia de energia elétrica de aproximadamente 5% referente à energia para refrigeração do ambiente e 1% de energia de aquecimento. De acordo com Milbratz, 2007, vidros duplos de duas folhas de 3mm possuem melhor desempenho em relação a transmitância térmica.

Na alternativa 02 quando aplicada esquadrias de madeira resultou 12% de economia de energia embutida, no entanto esse resultado deve ser ponderado pois esquadrias de madeira exigem um custo de manutenção maior ao longo da vida útil do empreendimento.

A economia de água se apresentou principalmente devido aos sistemas de reuso e recolhimento de água cinza e água pluvial, esses dois sistemas reduziram o consumo de água nos vasos sanitários e água para limpeza de ambientes.

É necessário salientar que melhores resultados, em termos de eficiência energética e conforto ambiental, encontram-se na fase inicial do projeto arquitetônico. Porém, ao desenvolver esse estudo percebe-se que mesmo em um edifício existente é possível adotar algumas medidas que auxiliam na redução do consumo de energia e água. Para que o empreendimento pudesse passar pelo processo de certificação Edge, as escolhas de sistemas de construção deveriam ter sido diferentes do projeto original, pois mesmo incorporando diversos parâmetros de eficiência energética existem outros que no empreendimento consolidado não é possível aplicar.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018

ANJOS, Fábio Xavier dos; RICIARDI, Raquel LatiniGavassi Fernandes. Certificação ambiental de edificações: a importância da sustentabilidade no ambiente urbano. **Journal of Exact Sciences**, v. 6,n.1, p. 05-11, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 15220**: desempenho térmico de edificações parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR 15220**: desempenho térmico de edificações parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social . Rio de Janeiro, 2003.

_____.**NBR 15575-1**: edificações habitacionais-desempenhos parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 15575-2**: edificações habitacionais-desempenhos parte 2: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 15575-3**: edificações habitacionais-desempenhos parte 3: requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 15575-4**: edificações habitacionais-desempenhos parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 15575-5**: edificações habitacionais-desempenhos parte 5: requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

BREITENBACH, Luciano Ghilardi. **Estudo e simulação de uma habitação de interesse social e sua relação com o regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética**. 99 f.Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2015. Disponível: <[http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5036/Luciano%20Ghilardi%20Breitenbach .pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/5036/Luciano%20Ghilardi%20Breitenbach.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 04 mar. 2017.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE). **WhatisBREEAM?**. 2017. Disponível em: <<https://www.breeam.com/>> Acesso em: 05.Nov.2017

BORTOLI, Letícia Silva de et al. Determinação do índice de refletância solar de telhas cerâmicas usadas na região do médio vale do Itajaí-SC. In:CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 60., 2016, Águas de Lindóia (SP).**Anais eletrônicos...** Disponível: <<http://metallum.com.br/60cbc/anais/PDF/05-038TT.pdf>>. Acesso em: 04.Mar.2018

CARLO, Joyce Correna. **Desenvolvimento de Metodologia de avaliação de eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais**. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2008. Disponível: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/TESE_Joyce_Correna_Carlo.pdf> Acesso em: 19.fev.2018

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/257698>> Acesso em: 04.mar.2018

ELETROBRAS; PROCEL EDIFICA. **Cartilha PBE EDIFICA - Introdução ao programa brasileiro de etiquetagem de edificações**. 2013.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FONTELLES, Mauro José.et al. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa.**, 2009. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0101-5907/2009/v23n3/a1967.pdf>> Acesso em: 22.Mar.2018

INMETRO. **Portaria nº50 - Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações. Anexo geral V: catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior, 2017. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/AnexoVRAC_CatalogoPropriedadesTermicas%20v03SET2013.pdf> Acesso em: 11.Dez.2017

JORDAN, Maxine. **EDGE : a certificação pela qual o Brasil estava esperando? Publicado em: outubro de 2017**. Disponível em: <<http://mitsidi.com/edge-certificacao-pela-qual-o-brasil-estava-esperando/>> Acessado em: 04.Nov.2017

LEITE, Carlos. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman,, 2012.

Green Building Council Brasil. **Construindo um futuro sustentável: Certificação LEED**. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/leed-v4.php> Acessado em: 07.Nov.2017

Green Building Initiative. **Assuntos de certificação – Green Globes**. Disponível em: <https://www.thegbi.org/green-globes-certification/why-certify/> Acessado em: 30.out.2017

IFC – International Finance Corporation. **EDGE – Construções Sustentáveis para um mundo melhor**. Disponível em: <https://www.edgebuildings.com> Acessado em: 09.Nov.2017

MILBRATZ, Juliana Helena. **Construção, conforto ambiental e uso racional de energia e água – Análise de propriedades térmicas e ópticas de janelas através de simulação computacional.** 30 f.Artigo (Programa institucional de bolsas de iniciação científica) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC_Juliana_Hele_na_Mibratz.pdf> Acesso em: 05.Mar.2018

MME- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. **Potencial hidroelétrico brasileiro.** Disponível em:< <http://www.mme.gov.br/web/>> Acessado em: 11/12/2017.

LAMBERTS, Roberto. DUTRA, Luciano. PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na arquitetura.** 3.ed. São Paulo. PW Gráficos e Editores Associados, 2014.

PROCELINFO. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2016.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/>>Acessado em: 16/11/2017

PBEEdifica. **Conhecendo a etiqueta PBE edifica – etiquetagem. 2016.** Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem>> Acessado em: 15/11/2017

RADA, Kristian. **Entrevista para CBIC Mais, informativo da CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Setembro 2016.** Disponível em: <<http://www.blogdomacedo.com.br/2016/10/certificacao-edge-chega-ao-brasil.html>> Acessado em: 14/09/2017.

RODRIGO, Adriana. CARDOSO, Francisco. **Certificação Ambiental de edifícios pelo processo Aqua e alterações no processo de gestão do empreendimento e no edifício.** ENTAC- XIII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. Rio Grande do Sul, Canela, 2010. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/696.pdf>> Acesso em: 21.Out.2017

WASCHEVICZ, Juliana Damásio. **Análise de eficiência energética da envoltória e de diferentes tipos de sistemas de condicionamento de ar em edificação vertical comercial em Porto alegre/RS.** 95 f.Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica , Universidade do Vale dos Sinos – UNISINOS. São Leopoldo, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/5984>> Acesso em: 20.nov.2017