



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE
TELECOMUNICAÇÕES

KEREN TENÓRIO SOARES

Proposta de Metodologia para Gestão Energética em Instalações Hospitalares

NITERÓI

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE
TELECOMUNICAÇÕES

KEREN TENÓRIO SOARES

Proposta de Metodologia para Gestão Energética em Instalações Hospitalares

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações. Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica .

Orientador:

Márcio Zamboti Fortes

Co-orientador:

Angelo Cesar Colombini

NITERÓI

2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S676p Soares, Keren Tenório
Proposta de Metodologia para Gestão Energética em
Instalações Hospitalares / Keren Tenório Soares ; Márcio
Zamboti Fortes, orientador ; Angelo Cesar Colombini,
coorientador. Niterói, 2022.
112 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Niterói, 2022.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGEET.2022.m.13697876775>

1. Eficiência energética. 2. Gestão em saúde. 3.
Instalação elétrica. 4. Produção intelectual. I. Fortes,
Márcio Zamboti, orientador. II. Colombini, Angelo Cesar,
coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de
Engenharia. IV. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

KEREN TENÓRIO SOARES

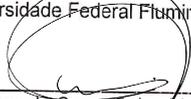
PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA GESTÃO ENERGÉTICA EM
INSTALAÇÕES HOSPITALARES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações.
Área de concentração: Sistemas de Energia Elétrica.

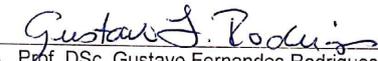
Aprovado em 21 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes - Orientador
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. Dr. Angelo Cesar Colombini - Coorientador
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. DSc Felipe Sass
Universidade Federal Fluminense - UFF


Prof. DSc. Gustavo Fernandes Rodrigues
Universidade Federal de São João Del-Rei - UFSJ

Niterói
2022

Aos que desejam cumprir os propósitos de Deus.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de toda a sabedoria e de todo o conhecimento; agradeço a Ele pelo entendimento, força e provisões a mim concedidas para a realização deste trabalho, pois, reconheço que, sem Deus, eu nada posso fazer.

Quero, com muita alegria, agradecer à minha família, em especial, aos meus pais Aldeir e Vera Soares, por todo apoio, amor, cuidado e compreensão. São meus pais, as pessoas que eu mais estimo e que dão um profundo significado a todo sacrifício realizado.

Agradeço também ao meu orientador Professor Dr. Márcio Zamboti Fortes, que desde o início, foi sempre muito receptivo às minhas ideias e sempre me deu força para continuar. Muito obrigada por toda ajuda, humanidade e tranquilidade nos momentos difíceis.

Agradeço também ao meu coorientador Professor Dr. Angelo Cesar Colombini, que somou de forma significativa seus conhecimentos e conceitos visionários ao conteúdo deste trabalho.

Meus agradecimentos aos membros da Banca Examinadora que aceitaram o pedido para participação da mesma.

Agradeço aos professores de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense e ao Engenheiro Civil Carlos Soutinho de Mello, atual Secretário de Fazenda da Prefeitura Municipal de Duque de Caxias, que não mediu esforços para me ajudar a concluir este trabalho.

Por fim, quero agradecer aos membros da minha querida igreja, Assembleia de Deus Vivendo em Cristo em Santa Cruz da Serra, que tanto oraram por mim.

Resumo

Os setores de edificações e construção de edifícios respondem por mais de um terço do consumo global de energia final e quase 40 % do total direto e indireto de emissão de CO_2 . Os hospitais representam uma parcela significativa dentro desses setores, cujo perfil de consumo de energia elétrica é peculiar, apresentando alto potencial de economia de energia. Exemplos de peculiaridades dos hospitais que refletem em seu perfil de consumo são a ocupação contínua, a utilização de equipamentos médicos pesados e a necessidade de atender a rigorosas normas de segurança. Portanto, melhorar o desempenho energético dos hospitais existentes, por meio de ações de eficiência energética, corresponde a uma interessante e desafiadora oportunidade de economia de energia e custos. Nesse sentido, como o *retrofit* de instalações de sistemas energéticos hospitalares se enquadra nesse contexto, o presente trabalho visa apresentar um caminho claro e eficiente para que possíveis benefícios, tanto diretos, por exemplo, economia financeira, quanto indiretos, como melhoria do conforto térmico, qualidade do ar interno e redução de emissão de CO_2 , sejam alcançados por essas unidades consumidoras. Por outro lado, é comum a existência de barreiras culturais, políticas, técnicas, financeiras, estruturais e de desinformação relacionadas à eficiência energética de edifícios hospitalares. Dessa forma, esse trabalho destacará importantes etapas para a implementação de um retrofit energético por meio de uma metodologia proposta que visa melhorar a gestão energética de hospitais, inclusive de hospitais públicos. Ao mesmo tempo, abordará uma importante relação entre níveis de maturidade e a implementação de projeto de eficiência energética, no qual tratará de alguns fundamentos do Capability Maturity Model Integration - CMMI (Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado). A metodologia proposta será apresentada de duas maneiras diferentes, uma através de um fluxograma modelado no Draw.io, um software de diagramas online ("modelo estático") e outra, através de diagramas modelados no software Bizagi Modeler, versão 3.9.0.015, cuja notação empregada é o Business Process Model and Notation - BPMN ("modelo dinâmico"). Essas diferentes versões visam facilitar o entendimento e a visualização das etapas e do sequenciamento das tarefas que estruturam uma metodologia eficaz de implementação de projeto de retrofit energético em hospitais. Outrossim, serão apresentadas duas tabelas com as principais ações de eficiência energética praticadas em edifícios hospitalares. Tais ações foram distinguidas entre primárias e complementares, com base em uma ordem de prioridade de seleção, proposta no referido trabalho. Ao final do trabalho, uma simulação de dois diferentes cenários criados na etapa de Diagnóstico energético, terão seus resultados comparados, a fim de exemplificar uma das possíveis análises através da modelagem no Bizagi Modeler.

Palavras-chave: Metodologia proposta, hospitais, gestão energética, retrofit energético, ações de eficiência energética.

Abstract

The buildings and building construction sectors account for over one-third of global final energy consumption and nearly 40% of the total direct and indirect CO_2 . Hospitals represent a significant portion within these sectors, whose electricity consumption profile is peculiar, presenting a high potential for energy savings. Examples of that, they have continuous occupancy, heavy medical equipment and rigorous safety regulations. Therefore, improving the energy performance of existing hospitals, through energy efficiency actions, corresponds to an interesting and challenging opportunity for cost and cost savings. In this sense, the present work aims to present a clear and efficient path to identify the possible benefits, both direct, for example, direct financial savings, and indirect, such as improved thermal comfort, internal quality and emission reduction of CO_2 . On the other hand, the existence of cultural, political, technical, financial and structural barriers and misinformation related to the energy efficiency of hospital buildings are common. Thus, this work stands out as an implementation of an energy retrofit through a methodology that aims to improve the energy management of hospitals, including public hospitals. At the same time, it will address an important relationship between maturity levels and an energy efficiency project implementation, that deals some fundamentals of the Capability Maturity Model Integration - CMMI (Integrated Capacity and Maturity Model). The methodology will be presented in two different ways, one through a flowchart modeled in "Draw.io", an online diagram software ("static model") and another, through diagrams modeled in the "Bizagi Modeler" software, version 3.9.0.015, whose notation used is the Business Process Model and Notation - BPMN ("dynamic model"). These different versions favour the understanding and visualization of the steps and the sequencing of tasks that structure an effective methodology for implementing the energy retrofit project in hospitals. Furthermore, two tables will be presented with the main energy efficiency actions practiced in hospital buildings. Such actions were distinguished between primary and complementary, based on an order of selection priority, proposed in this work. At the end, the simulation results of two different scenarios created in the Energy Diagnosis step, will be compared, in order to exemplify one possible analyse through modeling by Bizagi Model.

Keywords: Proposed methodology, hospitals, energy management, energy retrofit, energy efficiency actions.

Lista de Figuras

1.1	Projeção da evolução do consumo de eletricidade x Projeção do PIB	3
1.2	Linha do tempo - Programas de Eficiência no Brasil - setor de edificações. .	7
1.3	Instituições envolvidas nas ações de eficiência energética no Brasil	14
2.1	Metodologia Simplificada de gestão de energia para hospitais	26
4.1	As cinco fases principais em um projeto de retrofit de um hospital	43
4.2	Fluxograma da metodologia proposta	44
4.3	Escolha do Pacote Financeiro	48
4.4	Seleção e Ordenamento das Ações de eficiência Energética	53
5.1	Subdiagrama Etapa de Medidas Preliminares	58
5.2	Subdiagrama Diagnóstico do Nível de Maturidade	59
5.3	Subdiagrama Levantar Dados, Documentos e Autorizações	60
5.4	Subdiagrama Etapa de Diagnóstico Energético	61
5.5	Subdiagrama Auditoria Energética	62
5.6	Subdiagrama <i>Benchmarking</i>	62
5.7	Subdiagrama Etapa de Planejamento	63
5.8	Subdiagrama Seleção do Pacote financeiro	64
5.9	Subdiagrama Seleção e Ordenamento das Ações de Eficiência energética . .	64
5.10	Subdiagrama Análise Técnico-econômica	64
5.11	Subdiagrama Critérios para Hospitais Públicos	65
5.12	Subdiagrama Etapa de Implementação	66
5.13	Subdiagrama Etapa de Validação e Verificação	67
5.14	Processo de Diagnóstico Energético	68

5.15	Tela de Visualização da Simulação	69
5.16	Determinação do Número de Informes de Diagnóstico Energético aos Funcionários	70
5.17	Determinação das Probabilidades das Rotas dos Fluxos	71
5.18	Verificação do Processo de Validação	71
5.19	Determinação da frequência dos Informes	72
5.20	Determinação da Duração da Tarefa de Auditoria energética	73
5.21	Determinação da Duração da Tarefa de <i>Benchmarking</i>	73
5.22	Determinação da Duração da Tarefa de Produção do Diagnóstico Energético	74
5.23	Resultado do Tempo Total Necessário para Completar o Processo	75
5.24	Simulação de Utilização dos Recursos	76
5.25	Definição do calendário “Turno da manhã”	77
5.26	Definição do calendário “Horário de Almoço”	77
5.27	Definição do calendário “Turno da tarde”	78
5.28	Definição do Primeiro Cenário	79
5.29	Definição do Segundo Cenário	79
5.30	Resultado da Simulação Primeiro Cenário	80
5.31	Resultado da Simulação Primeiro Cenário	80
5.32	Resultado da Simulação Primeiro Cenário	81
5.33	Resultado da Utilização dos Recursos	82
A.1	Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético	93
A.2	Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético	94
A.3	Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético	95
B.1	Resultado da Utilização dos Recursos	97

Lista de Tabelas

4.1	Ações de Eficiência Energética Primárias	54
4.2	Ações de Eficiência Energética Complementares	54

Lista de Abreviaturas e Siglas

EE Eficiência Energética	6
CCE Comissão de Conservação de Energia	84
PIB <i>Produto Interno Bruto</i>	2
TCU <i>Tribunal de Contas da União</i>	4
SIN <i>Sistema Interligado Nacional</i>	4
EPE <i>Empresa de Pesquisas Energéticas</i>	3
GTD <i>Geração Transmissão e Distribuição</i>	7
IEA <i>International Energy Agency</i>	27
PBE <i>Programa Brasileiro de Etiquetagem</i>	7
Procel <i>Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica</i> . .	8
PEE <i>Programa de Eficiência Energética</i>	8
AEE <i>Ações de Eficiência Energética</i>	8
CGIEE <i>Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética</i> . .	8
DEO <i>Desempenho Energético Operacional</i>	9
ENCE <i>Etiqueta Nacional de Conservação de Energia</i>	9
PBE Edifica <i>Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações</i>	9
RTQ-C <i>Requisitos para o processo de etiquetagem de edifícios</i> <i>comerciais, de serviços e públicos</i>	9
RTQ-R <i>Requisitos para o processo de etiquetagem de edifícios</i> <i>residenciais</i>	9
RAC <i>Requisitos de Avaliação da Conformidade para a eficiência</i> <i>energética de edificações</i>	9
PNEf <i>Plano Nacional de Eficiência Energética</i>	9
MME <i>Ministério de Minas e Energia</i>	9
ANEEL <i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>	10
ESCO <i>Energy Services Company</i>	10
NZEB <i>Near Zero Energy Buildings</i>	10

AIR <i>Análise de Impacto Regulatório</i>	10
PDef <i>Plano Decenal de Eficiência Energética</i>	10
Inmetro <i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia</i>	11
INI-C <i>Instrução Normativa Inmetro para Classificação</i>	11
ICA <i>International Copper Association</i>	15
CEPEL <i>Centro de Pesquisas de Energia Elétrica</i>	15
MMA <i>Ministério do Meio Ambiente</i>	16
CMM <i>Capability Maturity Model</i>	33
CMMI <i>Capability Maturity Model Integration (Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado)</i>	17
BPMN <i>Business Process Model and Notation</i>	18
BPM <i>Business Performance Management</i>	18
RER <i>Renewable Energy Rate (Taxa de Energia Renovável)</i>	20
SisPES <i>Sistema do Projeto Esplanada Sustentável</i>	21
SOF/MP <i>Secretaria de Orçamento Federal</i>	21
SLTI/MP <i>Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação</i>	21
LED <i>Light-Emitting Diode</i>	22
PA <i>Process Area</i>	37
AVAC <i>Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado</i>	25
HVAC <i>Heating, Ventilating and Air Conditioning</i>	25
DER <i>Deep Energy Retrofit</i>	27
EBC <i>Energy in Buildings and Community</i>	27
VAV <i>Volume de Ar Variável</i>	28
ISO <i>International Organization for Standardization</i>	29
VSD <i>Variable Speed Drive</i>	30
PNE <i>Plano Nacional de Energia</i>	6
KPI <i>Key Performance Indicator</i>	85

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Eficiência Energética	5
1.2	Barreiras para a Eficientização Energética de Hospitais	12
1.3	Diretrizes para a Gestão Energética de Hospitais	13
1.4	Motivação e Objetivo	16
1.5	Apresentação dos Capítulos	17
2	Revisão Literária	19
2.1	Normas, Guias e Diretrizes de EE para hospitais	20
2.2	Ações de Eficiência Energética em Edifícios hospitalares – Experiência Internacional	27
3	A Importância do Modelo de Maturidade	33
4	Metodologia Proposta	42
4.1	Processo genérico de <i>retrofit</i> energético de edifícios hospitalares	43
4.2	Classificação das Ações de Eficiência Energética	50
4.2.1	Ações Primárias de Eficiência Energética	53
4.2.2	Ações Complementares de Eficiência Energética	54
5	Metodologia Proposta Aplicada	56
5.1	Simulações no Bizagi Modeler	67
5.2	Resultados no Bizagi Modeler	74

Sumário	xii
6 Conclusão	83
6.1 Trabalhos Futuros	85
Referências	87
Apêndice A - Diagrama da Metodologia Proposta para Gestão Energética de Instalações Hospitalares	92
Apêndice B - Resultado da Utilização dos Recursos - Bizagi Modeler	96

Capítulo 1

Introdução

Desde meados do século XX, mudanças dinâmicas, como a rápida urbanização e o crescimento da atividade produtiva, contribuíram para o desenvolvimento econômico e humano globais. No entanto, os meios para atingir esse *status* tiveram um custo vital para o meio ambiente [1]. A geração de energia é um processo natural que a sociedade utiliza desde os primórdios para se desenvolver e aprimorar sua qualidade de vida, entretanto, essa prática gera algumas preocupações, visto que os recursos utilizados para se gerar energia são em sua maioria, recursos finitos [2].

No início dos anos 1970, o consumo humano de energia começou a ultrapassar o que o ecossistema da Terra poderia regenerar [3]. Somado às primeiras evidências desse novo padrão de consumo, na década de 70, o choque do petróleo se tornou um marco na nova fase mundial de se pensar em padrões de consumo de energia mais sustentáveis. Segundo [2], o estilo de vida moderno baseado nos padrões de consumo de energia atuais não veem sendo sustentáveis, mas sim, marcados pela insegurança no abastecimento dos recursos energéticos, pelos altos níveis de desperdício, mudanças climáticas, poluição e aquecimento global. Com o aumento populacional e o estilo de vida atual, pode-se verificar um crescente aumento da demanda por energia elétrica e de uma dependência cada vez maior pelo seu uso.

Do mesmo modo que o mundo se voltou para práticas mais sustentáveis com relação às fontes alternativas de energia devido à crise do Petróleo, o Brasil criou a Lei de Eficiência energética em 2001 após a "Crise do Apagão"[4]. O consumo de energia elétrica está diretamente ligado aos avanços tecnológicos, ao estilo de vida moderno e à globalização, visto que os pilares para atingir os principais objetivos dos projetos de sistemas energéticos são a Informação (dados) e a própria Energia. Os sistemas de comunicação, por exemplo, são responsáveis por transportar a informação que precisa ser processada por computadores,

que fornecerão eletronicamente modelagens, previsões e/ou tratamento de dados sobre o problema a ser analisado.

A tecnologia eletrônica em especial, por meio dos componentes elétricos e eletrônicos, está sendo cada vez mais incorporada a novos produtos, conferindo aumento de funcionalidades a baixo custo. Nas residências, os aparelhos eletrodomésticos têm sido aprimorados com essa tecnologia, ao passo que apresentam uma maior capacidade de controle de operação e de funcionamento.

Outros sistemas que sofrem impacto positivo da implementação desses componentes são os seguintes: sistema de telecomunicações, sistema de comunicação virtual, sistema de controle de processos físicos, sistema de controle de circuitos elétricos, sistema de processamento de sinais, inclusive, sinais óticos, sistemas de proteção e segurança.

Outros ramos importantes para a sociedade moderna são os sistemas sofisticados de funcionamento de máquinas no setor industrial, cuja produtividade tem se tornado mais eficiente e moderna. Da mesma forma, os meios de transporte vêm se tornando cada vez mais velozes, confortáveis e automatizados, de modo que, tem sido cada vez mais demandados pelo coletivo geral[5].

Daí a necessidade de sistemas energeticamente mais econômicos para servir à sociedade, justamente pelo fato dos produtos e do mercado apresentarem uma maior incorporação de desenvolvimento tecnológico com o passar do tempo. Tal finalidade se enquadra no conceito de sustentabilidade que visa não esgotar os recursos energéticos para o futuro [6].

Dados apresentados em [7], mostram que já existe uma predominância da participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira chegando a 84,8% da oferta interna de eletricidade no Brasil. Esse valor corresponde à resultante da soma da produção total nacional mais as importações, sendo também de origem renovável. Outras fontes de energia como a biomassa também têm sua relevância nesse cenário, por estarem ligadas a soluções, cuja produção de resíduos nas usinas é menos agressiva ao meio ambiente, que a de combustíveis fósseis. Segundo [2], foi possível verificar que existe uma forte correlação entre a variação do *Produto Interno Bruto* (PIB) com a variação da oferta interna de energia. Em [8], foi publicado que o Brasil, entre os anos de 2001 a 2018, sofreu uma evolução do PIB a uma taxa média de 2,3% ao ano, acumulando um valor de 50%. Tal aumento do PIB aconteceu no mesmo ritmo do aumento da oferta interna de energia.

Essa correlação é bastante relevante diante das análises presentes no planejamento

energético de um país. Caso o crescimento do PIB do país supere a oferta interna de energia, a demanda por energia elétrica precisa ser proporcionalmente atendida. Um dos slides do Caderno de Demanda de Eletricidade da *Empresa de Pesquisas Energéticas* (EPE), presente no Plano Decenal de Expansão de Energia 2031, publicado em outubro de 2021, mostra a projeção da evolução do consumo de eletricidade do país até 2031, juntamente com a projeção do PIB [9], conforme ilustrado na figura 1.1.

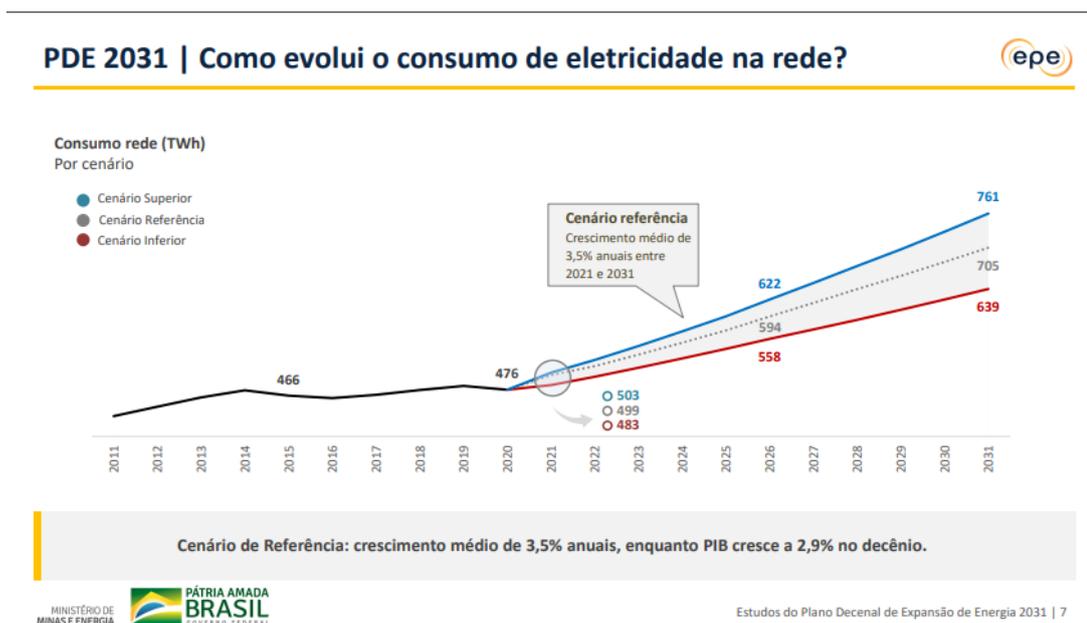


Figura 1.1: Projeção da evolução do consumo de eletricidade x Projeção do PIB [9]

Como é possível verificar através da imagem, cujo gráfico gerado pelos estudos do EPE apresenta uma demanda por eletricidade de 0,6% ao ano maior que o crescimento do PIB, no período de 2022-2031. Tal cenário desperta a atenção para cuidados ainda maiores quanto à operação e ao planejamento energético do país, a fim de garantir uma oferta energética compatível.

Do contrário, crises energéticas podem se manifestar, assim como a "Crise do Apagão", ocorrida no Brasil em 2001, que afetou o fornecimento e a distribuição de energia elétrica no país. A "Crise do Apagão" sobreveio por uma soma de fatores: poucas chuvas, falta de planejamento e ausência de investimentos em geração e transmissão de energia. Os forçados longos cortes de energia elétrica em grande parte do território nacional, foram apelidados pela mídia de "apagões" [10].

Uma estratégia interessante, diante da hipótese de aumento do PIB e consequente aumento da demanda de energia elétrica, é a racionalização de energia. Tal medida visa evitar *blackouts*, principalmente, quando os planos de expansão da rede elétrica não são

viáveis ou possíveis a tempo hábil. O Brasil sofreu graves consequências em 2010 com a "Crise do Apagão". Também em decorrência do PIB, entre os anos de 2001 e 2009, o mesmo chegou a uma variação positiva de 3,3% contra 2,8% da oferta interna de energia.

A Auditoria do *Tribunal de Contas da União* (TCU), publicada em julho de 2009 mostrou que o apagão elétrico gerou um prejuízo ao país de 45,2 bilhões de reais. Segundo [11], essa conta foi passada para as distribuidoras de energia, que repassaram 60% desse valor, cerca de 27 bilhões de reais, aos consumidores nas suas contas de luz. Já o restante ficou a cargo do Tesouro Nacional, que onerou todos os contribuintes do Brasil.

Após a ocorrência do apagão e do racionamento de energia em 2001, foi estimulada uma mudança de hábitos por parte do consumidor residencial, que passou a adquirir equipamentos mais eficientes. Entre 2002 e 2014, tais eletrodomésticos ampliaram sua participação no mercado, ainda mais, com o alcance da estabilidade econômica, aumento das rendas familiares, do crédito e dos incentivos tributários [8].

Atualmente, as usinas hidrelétricas representam mais de 62% da capacidade instalada de produção de energia elétrica, sendo a principal fonte de armazenamento de energia do país. Provavelmente, se não fosse pela crise do Petróleo, esse valor seria ainda maior, visto que, nessa mesma época, começou uma corrida para a diversificação da matriz energética, onde o Proálcool se tornou exemplo de sucesso no Brasil [12].

Vinte anos depois da "Crise do Apagão", o Brasil está atravessando um cenário hidrológico crítico, com as menores vazões desde 1930, ano em que se deu o início do registro dos dados. A direção sugerida em [13] foi a gestão primordial dos recursos hídricos, a fim de abastar, de forma controlada, os diversos setores usuários de água, incluindo o setor de energia elétrica do país.

Comparando a situação atual com a de 2001, a capacidade instalada do sistema gerador foi ampliada em 130% contra menos de 80% do consumo de energia elétrica, nos últimos 20 anos. Apesar do aumento do consumo, com o aumento ainda maior da capacidade instalada, a atual configuração do *Sistema Interligado Nacional* (SIN) permite que o Brasil apresente um quadro mais favorável que o observado em 2001.

Para garantir a segurança energética, algumas ações estão sendo coordenadas pelo Comitê de Monitoramento de Energia Elétrica, são elas: Acionamento de usinas termelétricas e importação de energia da Argentina e Uruguai, desde outubro de 2020; gerência das restrições operativas das hidrelétricas; gestão para disponibilidade de combustível para usinas termelétricas; gestão para entrada em operação de novas usinas e linhas de

transmissão e campanhas para consumo consciente e racional de água e energia elétrica [14].

Nos últimos anos, a recorrência da baixa no volume de chuva adequado para o abastecimento das usinas hidrelétricas, tem sido uma das razões que podem colocar em risco a geração de energia elétrica. Além disso, com a baixa dos reservatórios de água e o conseqüente aumento do uso das termelétricas, há aumento direto no valor da tarifa de energia elétrica, em especial, quando a matriz energética é majoritariamente formada por hidrelétricas.

Dessa forma, vê-se que é importante destacar que se tenha cuidado em relação ao uso de fontes renováveis para o suprimento de energia elétrica. Com isso, o ser humano tem se empenhado em aplicar seu conhecimento para criar tecnologias relacionadas a fontes de energia ilimitadas, como por exemplo, a energia solar, evitando assim que seu suprimento de energia a longo prazo, não seja prejudicado por motivos de escassez de recursos naturais [15].

1.1 Eficiência Energética

Segundo [12] e [16], a economia de Energia pode ser sustentada por três grandes pilares: a conservação de energia, a gestão da energia e a Eficiência Energética. Desse modo, a conservação da energia estaria mais voltada para os padrões e hábitos de consumo, a gestão da energia para a melhoria contínua do desempenho e das condições de fornecimento de energia e a eficiência energética seria a área cujo foco principal se daria pela substituição ou adequação tecnológica relacionada ao suprimento de energia.

Em termos mais analíticos, [17] considera a eficiência energética como uma expressão que remete ao uso em menor quantidade de energia para produzir a mesma quantidade de trabalho ou potência útil. De acordo com [12], a Eficiência Energética visa atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto à natureza. Além disso, visa também modificar ou aperfeiçoar a tecnologia empregada nos processos de transformações para o fornecimento de um determinado serviço.

Da mesma forma que a eficiência energética passou a ocupar um lugar importante na agenda de políticas públicas da maioria dos países desenvolvidos, precisa, também, estar presente nas agendas políticas dos demais países. [8], por exemplo, afirma que para aproveitar as oportunidades de efficientização energética é preciso uma visão ajustada, tanto sobre o uso de fontes energéticas, quanto de importantes agentes envolvidos, por

exemplo, o governo.

Impactos benéficos de uma gestão governamental que inclui implementação de medidas de eficiência energética, são, por exemplo, a competitividade comercial, a competitividade industrial, a segurança energética e ambiental. Além disso, a Eficiência Energética (EE) é também reconhecida como a condição de instrumento de mitigação de efeitos provenientes da emissão de CO_2 e de gases destruidores da camada de Ozônio [17].

Em [12] e [18] a eficiência energética foi apontada como uma das protagonistas da recuperação econômica mundial e considerada como uma das formas mais econômicas e ambientalmente favoráveis de atendimento de parte dos requisitos de energia. A aplicação de ações de eficiência energética tem impactos na formulação de novas políticas energéticas, de acordo com a visão sobre os recursos energéticos disponíveis, presente, inclusive, no *Plano Nacional de Energia* (PNE) [19].

O PNE apresenta as orientações sobre o planejamento de longo prazo do setor energético do país, ou seja, pode-se haver orientações sobre adiamento de investimentos no setor elétrico, caso se obtenha bons resultados com relação às projeções de um consumo eficiente da energia elétrica no país. Com isso, políticas e programas que possibilitam a garantia do suprimento energético no mundo, vem sendo criados e difundidos. Por meio desses programas e metas, orientar à implementação de ações práticas de eficiência energética, atreladas, tanto à redução do consumo de energia elétrica, quanto à redução do seu custo, é a forma de alcançar os objetivos almejados.

No Brasil, as políticas e ações para promover a Eficiência Energética, basicamente, ocorreram em resposta a episódios específicos de escassez de energia e se concentraram sobretudo, no consumo residencial. Porém, segundo [8], o setor de edificações, por exemplo, apresenta o maior potencial de eficiência energética.

Sendo assim, serão apresentados alguns programas, políticas de Eficiência Energética, regulamentações específicas e programas de metas que ao longo dos anos começaram a se voltar para esse setor, chegando até aos edifícios hospitalares. Nos estudos feitos pela EPE, o setor de edificações está dividido em três segmentos: residencial, comercial e público.

Esse setor apresenta uma demanda de 16% da energia total ofertada e de 51% da eletricidade do país. Entre os anos de 2005 e 2018, o consumo de energia das edificações passou de 30,7 milhões para 37,8 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), ou seja, um crescimento de 2% ao ano no período citado [8]. O segmento comercial teve

um crescimento com taxa de 3%, já o segmento residencial de 1,1% ao ano no período de 2000 a 2018, passando de um consumo de 21,7 milhões para 25,2 milhões de tep. As famílias brasileiras correspondem a 10% da carga final de energia e 25% do consumo de eletricidade no Brasil. [8]

Em se tratando de eficiência energética de edificações, uma das principais características que se deseja garantir é o conforto e a qualidade do ar. A partir desse pré-requisito, espera-se reduzir custos, aumentar a eficiência econômica (ganho de competitividade), diferir investimentos na infraestrutura de *Geração Transmissão e Distribuição* (GTD), reduzir impactos ambientais (menor demanda energética), e, contribuir para a propagação da *Economia Verde* [20]. Segundo [21], investimentos no setor de edificações é uma tendência mundial. Sendo assim, na figura 1.2, pode-se ver uma Linha do tempo com importantes Programas de Eficiência no Brasil, com foco no setor de edificações.



Figura 1.2: Linha do tempo - Programas de Eficiência no Brasil - setor de edificações.

Autoria própria.

Como é possível verificar na figura 1.2, as políticas públicas para eficiência energética começaram em 1984, quando foi lançado o *Programa Brasileiro de Etiquetagem* (PBE),

coordenado pelo Inmetro. Por meio do PBE, os consumidores podem tomar decisões de compra mais conscientes, através das informações sobre o desempenho energético dos produtos nas etiquetas, presente nas faixas coloridas que os diferenciam.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia classifica a eficiência energética desde a classe A a E, fornecendo base técnica ao setor a ser avaliado [22]. Em 1985 foi criado o *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica* (Procel) para promover o uso eficiente da energia elétrica, combatendo o seu desperdício. Esse programa é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobras.

Posteriormente, foi criado o Selo Procel de Economia de Energia, instituído pelo Decreto Presidencial em 8 de dezembro de 1993, em parceria com o Inmetro. Essa novidade só não foi destacada na linha do tempo ilustrado na figura 1.2, pois, trata-se de estabelecimento de índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento. Mas é importante citá-la, pois, tal selo representa o ponto de partida para uma “evolução”, quanto à criação de outros selos que serão posteriormente comentados.

Em 1997, foi instituído o Programa de Eficiência Energética em Prédios Públicos pela Eletrobras/Procel com o intuito de, em níveis federal, estadual e municipal, promover a eficiência energética em prédios públicos. Em 2000, foi instituído o *Programa de Eficiência Energética* (PEE) do setor elétrico brasileiro, criado pela publicação da Lei nº 9.991, que determinava a aplicação de 0,5% da Receita Operacional Líquida - ROL das concessionárias de distribuição de energia elétrica em *Ações de Eficiência Energética* (AEE). Posteriormente, as leis 12.212 de 2010 e 13.203 de 2015 estabeleceram que, no mínimo, 60% desse valor fosse investido em unidades consumidoras favorecidas pela Tarifa Social.

Em 2001, logo depois da "Crise do Apagão", foi criada a Lei 10.295, Lei da Eficiência Energética, cuja pauta principal é uma política nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo *Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética* (CGIEE), criado em 19 de dezembro de 2001 pelo Decreto nº 4.059/2001. Esse mesmo decreto criou um grupo técnico para Eficientização de Energia nas Edificações do País, GT-Edificações (Grupo Técnico de Edificações), que regulamenta e elabora procedimentos para avaliação da eficiência energética nesse setor específico.

A Lei de Eficiência Energética tem como principal propósito estimular a introdução de produtos mais eficientes no mercado. Esse estímulo tem como consequência o desenvolvimento tecnológico, mas também, a preservação ambiental. Nessa lei foram determinados níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia elétrica, fabricados ou comercializados no país.

Outro setor, também contemplado pelas diretrizes da lei 10.295 foi o de edificações construídas, em que, por meio de indicadores técnicos, são feitas as análises dos níveis máximos de consumo específico de energia. Com isso, fica evidente a necessidade de melhorias dos equipamentos elétricos e no uso racional da energia elétrica, preservando os recursos não renováveis e, conseqüentemente, resguardando as próximas gerações.

Em 2003, foi criado o Procel Edifica que busca desenvolver e difundir, por meio de determinadas vertentes de atuação, os conceitos de conservação e uso eficiente dos recursos naturais nas edificações. O Procel Edifica realiza ações de impacto conhecidas como o projeto *Desempenho Energético Operacional* (DEO) e Conforto do Usuário, direcionado a empresas de *facilities* e de gestão predial.

Em 2005, o GT-Edificações criou a ST-Edificações (Secretaria Técnica de Edificações), cujo propósito é discutir questões técnicas que envolvem os indicadores de eficiência energética, entretanto, sua coordenação é feita pelo PROCEL Edifica. Nesse mesmo ano, o Inmetro cria a CT-Edificações (Comissão Técnica de Edificações), responsável por discutir e definir o processo para a obtenção da *Etiqueta Nacional de Conservação de Energia* (ENCE).

Em 2007, foi criado o primeiro estudo de planejamento integrado dos recursos energéticos realizado no âmbito do Governo brasileiro, o PNE 2030. É importante destacar a existência desse plano, pois a eficiência energética traz impacto direto nas projeções de expansão do setor elétrico a longo prazo [19].

Em 2009, foi criada uma vertente do Programa Brasileiro de Etiquetagem, o *Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações* (PBE Edifica), juntamente com o lançamento da primeira versão dos *Requisitos para o processo de etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos* (RTQ-C). No ano seguinte, foi lançado o *Requisitos para o processo de etiquetagem de edifícios residenciais* (RTQ-R). Dessa forma, foram disponibilizados manuais para aplicação do RTQ-C e do RTQ-R e os *Requisitos de Avaliação da Conformidade para a eficiência energética de edificações* (RAC). Entretanto, o documento que, de fato, permite ao edifício obter a ENCE, é o RAC.

Em 2011, o *Plano Nacional de Eficiência Energética* (PNEf) foi aprovado pelo *Ministério de Minas e Energia* (MME), através da Portaria nº 594 de 18 de outubro de 2011. No PNEf estão descritas as diretrizes para consolidação e ampliação dos meios disponíveis para se promover um mercado de eficiência energética sustentável e mobilizar a sociedade brasileira a combater o desperdício de energia, sem deixar de preservar os recursos naturais.

Em novembro de 2014, foi criado o Selo Procel Edificações, de modo que, não só os equipamentos poderão receber o Selo Procel, mas também os edifícios não residenciais, caso sejam considerados de alta eficiência. Por meio desse selo, é possível identificar as edificações que apresentam as melhores classificações de eficiência energética em uma determinada categoria.

Apesar de não entrar nos destaques da linha do tempo na figura 1.2, em 2019, a *Agência Nacional de Energia Elétrica* (ANEEL) lançou o Leilão nº 4/2020, denominado Leilão de Eficiência Energética. Esse Leilão prevê a contratação de *Energy Services Company* (ESCO) para o desenvolvimento de projetos de eficiência energética em Boa Vista, Roraima.

O objetivo central é que, por meio desse projeto, seja possível guiar um modelo de redução do consumo de energia elétrica que possa ser replicado em outras regiões do país. Esse Leilão continua em andamento junto a ANEEL, mas sem previsão para o início do projeto.

Já em dezembro de 2019, a Eletrobras, por meio do Procel, abriu a primeira Chamada Pública para projetos de edificações *Near Zero Energy Buildings* (NZEB). A energia zero trata-se da forma como o montante de energia elétrica, necessária para abastecer uma edificação, é produzida por ela mesma. O conceito de edificações NZEB se refere a construções, que alinham a eficiência energética à geração de energia renovável, para reduzir quase a zero seu balanço energético anual.

Normalmente, os edifícios com esse novo conceito implementado, utilizam de painéis fotovoltaicos para produzir eletricidade [15]. Em novembro de 2020 foi criado o Selo Procel Edificações Residenciais e em setembro desse mesmo ano a Eletrobras, por meio do Procel, iniciou a etapa pública do projeto de Análise de Impacto Regulatório sobre a avaliação da conformidade da eficiência energética de edificações dos setores residencial, comercial e público.

Além disso, ainda em 2020, o Procel promoveu um projeto para viabilizar a *Análise de Impacto Regulatório* (AIR) da compulsoriedade da etiquetagem de edificações, como também, o desenvolvimento de um plano para implementação da ação passando a ter caráter obrigatório. Os resultados deverão ser apresentados ainda no primeiro semestre de 2022, como uma proposta para o estabelecimento de uma política de eficiência energética que possa auxiliar na redução da demanda energética da construção civil no país.

Em janeiro de 2021, foi divulgada a proposta final do 1º *Plano Decenal de Eficiência*

Energética (PDEf) . O documento, apresenta um conjunto de ações para ampliar a incorporação da eficiência energética em setores mais expressivos da sociedade, como as edificações, a indústria, o poder público, os transportes e o agronegócios. A proposta do PDEf foi elaborada pela consultoria iX Estudos e Projetos e coordenada pela Eletrobras, por meio do Procel, mais a participação de um Comitê Estratégico composto pela EPE e pelo MME.

Já em março de 2021, o *Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia* (Inmetro) aprovou a nova *Instrução Normativa Inmetro para Classificação* (INI-C) de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) que aperfeiçoa os RTQ-C, especificando os novos critérios e os métodos para a classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto à sua eficiência energética. De acordo com a Portaria Definitiva da INI-C já aprovada, a emissão de etiquetas fica condicionada à publicação dos RAC. Lembrando que, o RAC-C foi lançado em 2009 e o RAC-R em 2011, porém, desde 01 de fevereiro de 2013, por meio da portaria nº 50, determinou-se um RAC único para Eficiência Energética de Edificações, contendo todos os procedimentos para tal.

Já a Instrução Normativa Inmetro para edificações residenciais, e respectivo anexo do RAC referente à esta tipologia, se encontram em desenvolvimento, com previsão para finalização e abertura de consulta pública nos próximos meses [22]. Em setembro de 2021, a ANEEL abriu Chamada para Projetos de Eficiência energética em hospitais, a Chamada Pública de Projeto Prioritário de Eficiência Energética nº 003/2020.

Os projetos a serem analisados na referida Chamada Pública de Hospitais devem envolver ações como o diagnóstico das instalações elétricas, a troca de aparelhos de ar-condicionado e de lâmpadas por outros de menor consumo e, de acordo com cada caso, verificar a viabilidade de instalação de geração própria (como, por exemplo, usinas solares fotovoltaicas e sistemas de cogeração).

De acordo com a ANEEL, no caso dos hospitais, foi proposto que os mesmos sejam contemplados com melhorias de suas instalações elétricas internas, visto que, grande parte do setor de saúde está com seus ativos obsoletos. Essa informação é de extrema relevância, visto que o presente trabalho buscou chegar nas unidades consumidoras com um dos maiores, senão, o maior potencial de efficientização energética dentro do grupo de edificações. De acordo com a ANEEL, o fato de os hospitais apresentarem instalações já defasadas, tal fato demandará um investimento extra para renovação da infraestrutura desses edifícios, o que se pode identificar como *retrofit* Energético desses edifícios.

1.2 Barreiras para a Eficientização Energética de Hospitais

Tornar eficiente o consumo de energia nas unidades de saúde, por exemplo, é uma atividade complexa, já que um hospital funciona 24 horas por dia, durante sete dias da semana. Além disso, a demanda de energia é muito elevada, pois, muitos equipamentos possuem alto consumo de energia. Por esses e outros motivos, a gestão de energia ganhou um papel fundamental na administração dos hospitais, tanto os da rede particular, quanto da rede pública.

Outras diferentes questões que podem ser apontadas são: a obtenção de financiamento, o longo prazo de reembolso, a escolha de uma solução ótima, a incompatibilidade de novas tecnologias com edifícios existentes, a falta de normas e diretrizes, o atendimento aos requisitos de segurança do paciente, o cumprimento das normas de saúde e a execução de coordenação interna e externa.

Segundo [23], os principais obstáculos à eficiência energética em instalações de saúde na China concluídos estavam diretamente ligados ao comportamento do governo, que, inclusive, foi considerado como a variável cujo impacto na criação de edifícios hospitalares eficientes pode ser maior que outras barreiras técnicas e econômicas. A análise econômica realizada em [24] confirmou que o custo dos equipamentos de alta tecnologia ainda representa uma barreira incomparável para a sua aplicação em grande escala.

Neste trabalho, as principais barreiras do governo descritas incluem a falta de incentivos (como subsídios, recompensas e fundos especiais), a falta de padrões nacionais e industriais para eficiência energética em instalações de saúde e a falta de requisitos administrativos auditáveis e obrigatórios do governo para eficiência energética de instalações de saúde.

No Brasil, quanto aos subsídios criados, pode-se destacar o financiamento BNDES Finem - Meio Ambiente - Eficiência Energética, um financiamento para projetos voltados à redução do consumo de energia e aumento da eficiência do sistema energético nacional. O BNDS Eficiência Energética, corresponde a uma linha de crédito para financiamento de até 70% para projetos de eficiência energética [25]. Os hospitais de uma forma geral, devem buscar se organizar de maneira a propiciar uma redução do consumo de energia elétrica e outras utilidades sem comprometer a disponibilidade dos ativos existentes, bem como, impactar no atendimento ao público (clientes).

Este desafio passa pela etapa de adequação do planejamento orçamentário para atu-

alização, não somente dos equipamentos eletro-médicos, mas também, da infra-estrutura. Frequentes são as notícias do número de leitos limitados por falhas ou defeitos em sistemas de utilidades da edificação.

Neste contexto devem-se considerar como barreiras não somente o aspecto financeiro, mas também, a formação do corpo técnico para identificar e implementar novas tecnologias na infra-estrutura; capacitação da manutenção para atender não somente equipamentos médicos; fomento a modernização (atualização) das instalações (em especial dos ativos públicos), políticas voltadas ao fortalecimento/crescimento das unidades hospitalares para atendimento a população, tanto unidades básicas, como centros de referências médicas, como unidades de emergência.

1.3 Diretrizes para a Gestão Energética de Hospitais

Segundo [18], apesar de existirem muitos relatórios, livros e registros sobre o tema “eficiência energética”, a apresentação de formas em como a eficiência energética pode ser operacionalizada, ainda é uma pauta que precisa ser melhor difundida. O PNEf, por exemplo, apresenta diversas propostas de ações para solucionar problemas energéticos identificados no país.

No PNEf estão presentes diversas linhas de ações propostas para alcançar o potencial de eficiência energética dos mais diversos setores, como por exemplo, setores de Indústrias, transportes, edificações, iluminação pública e saneamento. Entretanto, algo que pode ser considerado como um dos obstáculos para a prática de suas diretrizes, seria a distribuição, em mais de uma dezena de instituições, da tarefa de planejar e implementar as ações de eficiência energética no país [26].

A figura 1.3 mostra as Instituições envolvidas nas ações de eficiência energética no Brasil, por meio de diversos programas e políticas criadas.

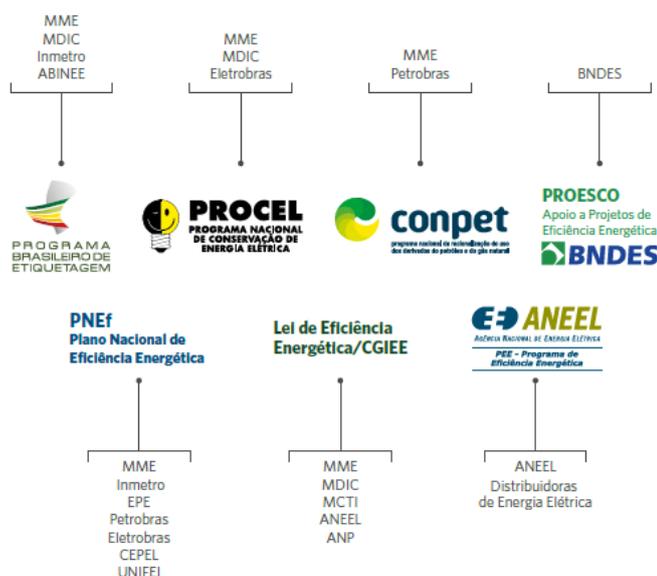


Figura 1.3: Instituições envolvidas nas ações de eficiência energética no Brasil [26].

Apesar do aumento do interesse, em diversos países, pela implementação de projetos voltados para economia de energia elétrica de hospitais, há uma questão delicada envolvida. Ainda há uma lacuna entre usufruir dos benefícios provenientes de incentivos políticos para a efficientização energética de edifícios, com a implementação de ações que permitem a conformidade dos mesmos com os requerimentos presentes nos regulamentos criados.

É essencial que os projetos de efficientização energética sejam guiados por uma metodologia específica, de acordo com os critérios presentes nas resoluções ou normas voltadas para a efficientização de cada tipo de unidade consumidora[27]. Existe uma publicação no site do Procel, referente a uma Metodologia de Conservação de Energia Elétrica para Hospitais, porém, o *script* apresentado, refere-se apenas aos procedimentos de análise da etapa de Auditoria Energética.

De acordo com [18], o Procel vai aproveitar os dados obtidos e monitorados de 4 edifícios que conquistaram os recursos da Chamada Pública de Projetos de EE para criar indicadores e base de dados de valores “padrões” de consumo. Essa base de dados poderá ser utilizada como dados padrões para diagnóstico energético dentro de uma futura Diretriz Nacional de Gestão Energética, mas ainda não foi anunciada alguma diretriz voltada especificamente para hospitais.

Na prática, são as ESCOs que mais implementam ações de eficiência energética no Brasil, nos setores que se apresentam como interessados pela implementação de tais medi-

das, de modo que, normalmente, as diretrizes seguidas por essas empresas, após firmado o contrato, estão descritas em editais de Chamadas Públicas, publicadas pela ANEEL.

Em relação a normas internacionais, destacam-se a “EN ISO 52000-1 – Energy Performance of Buildings – Overarching EPB Assessment” e a “EN ISO 52000-2 - Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1”. Essas normas permitem avaliar o desempenho energético global de edifícios novos e existentes, por meio de uma estrutura sistemática, modular e abrangente [28], [29]. Quanto aos guias ou metodologias de efficientização energética específica para hospitais, é possível encontrar publicações de países como os Estados Unidos, Canadá e Índia, mas no Brasil, ainda não foram publicadas [30], [31], [32].

Em relação à existência de normas brasileiras que tratam, não diretamente, mas, de assuntos relacionados à efficientização energética de edifícios, pode-se destacar a “ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de gestão de energia – Requisitos com Orientações para Uso”. Inclusive, foi publicado pela *International Copper Association* (ICA), pelo Instituto Brasileiro do Cobre e pelo Procobre, um guia para aplicação dessa norma. É importante destacar que a primeira versão da ABNT NBR ISO 50001 foi publicada em 2011 e sua atualização em 2018. O Guia para aplicação da ABNT NBR ISO 50001 apresenta os passos de uma proposta básica para que uma organização, independentemente do seu segmento ou tamanho, possa buscar melhoria contínua do seu desempenho energético.

Ou seja, o Brasil ainda não tem publicada uma norma nacional de eficiência energética em edificações. Havendo uma norma nacional para esse tema, um documento sem custo de taxas para sua aplicação, realmente representaria um grande avanço para a cultura de efficientização energética de edificações.

Em relação aos guias de eficiência energética publicados no Brasil, existem aqueles voltados para o uso eficiente da energia em prédios públicos, criados no contexto do projeto Esplanada Sustentável, que visam tornar eficientes os prédios sob a gestão da administração pública federal.

Esses guias tratam de questões voltadas para a orientação dos gestores de cada ministério para a elaboração de editais sobre a realização de diagnósticos energéticos e sobre a implantação de ações de eficiência propostas nestes diagnósticos, como é o caso do “Guia para Eficiência Energética nas Edificações Públicas, publicado em 2014 pelo *Centro de Pesquisas de Energia Elétrica* (CEPEL)

Esse guia se trata de um manual que contém informações e sugestões de procedimentos

técnicos com o intuito de viabilizar o uso eficiente da energia elétrica no conjunto de edificações que compõem a Esplanada dos Ministérios, além de sugestões para elaboração de editais.

Nesse contexto, uma outra publicação interessante, corresponde ao Guia Prático de Eficiência Energética, publicado pelo *Ministério do Meio Ambiente* (MMA) em 2014, que apresenta as experiências resultantes do projeto de *retrofit* do Bloco B da Esplanada dos Ministérios, juntamente com a regulamentação brasileira de eficiência energética para prédios comerciais, de serviços e públicos.

Porém, como se pode perceber, mesmo com a existência de alguns guias de eficiência energética de edifícios públicos, que, somados a estudos complementares, podem ser adaptados para a compilação de diretrizes de eficiência energética para as demais classificações setor de edificações, há uma carência quanto a publicações de normas, diretrizes, guias e metodologias de gestão energética nacionais, que englobem todo o setor de edificações, especialmente, os edifícios hospitalares.

1.4 Motivação e Objetivo

Diante da necessidade de reduzir os custos com energia elétrica dos prédios de maior consumo da Prefeitura Municipal de Duque de Caxias, despertou-se o interesse por meio dos gestores do referido município por escolher as unidades consumidoras com os maiores valores de conta de energia elétrica. Não surpreendentemente, as unidades de maior consumo energético são de saúde, no qual o Hospital Municipal Doutor Moacyr Rodrigues do Carmo ocupa o primeiro lugar no ranking, com uma média anual de custo com energia elétrica de aproximadamente R\$ 7.200.000/ano.

Dessa forma, buscou-se contribuir ainda mais, não só com a ampliação de programas voltados para a eficiência energética de edifícios no geral, mas com a publicação e aprimoramento de diretrizes de gestão e de eficiência energética de edifícios hospitalares, por meio da metodologia proposta e de uma ferramenta de gestão programada no software de mapeamento de processos, o Bizagi Modeler, para aplicação de tal metodologia.

A motivação deste estudo também se baseia na escassez de documentação específica para este tema (em especial no Brasil) e desta forma pretende-se colaborar para este tema identificado como relevante e de impacto para o setor de edificações, em especial, o setor hospitalar (público).

O presente trabalho tem por objetivo principal apresentar uma metodologia com diretrizes mais práticas e específicas de gestão energética de edifícios, com foco em especial, de edifícios hospitalares, incluindo os hospitais públicos. A metodologia proposta será apresentada de duas maneiras diferentes, uma versão estática e outra versão dinâmica, ambas traduzidas em um fluxograma geral.

A versão estática da metodologia detalha todos os passos e seus respectivos significados, com o intuito de apresentar uma visão abrangente das principais etapas para gestão energética de um edifício hospitalar. Tal estruturação foi feita com base nas pesquisas e publicações voltadas para esse assunto.

Já a versão dinâmica traduz a versão estática em um modelo do Bizagi Modeler, um *software* de mapeamento de processos empresariais, cujo intuito é facilitar a aplicação prática dessa metodologia no mercado de trabalho.

Além disso, a fim de contribuir para a ampliação de implementação de ações que promovam redução do consumo de energia elétrica e um conseqüente cenário mundial mais sustentável, o presente trabalho apresentará uma proposta de priorização de determinadas ações de eficiência energética em comparação com outras.

Para uma melhor visualização dos resultados que se pode obter por meio da implementação da metodologia de gestão energética proposta, serão apresentadas algumas simulações no Bizagi Modeler versão 3.9.0.015 com linguagem BPMN 2.0.

1.5 Apresentação dos Capítulos

A estrutura do presente trabalho é a seguinte: O capítulo dois apresenta trabalhos relacionados às normas, metodologias e diretrizes seguidas em diversos países, relacionadas à efficientização e gestão energética, em especial, de sistemas energéticos hospitalares. Além disso, serão também apresentadas diversas ações de eficiência energética já implementadas nesse setor, juntamente com seus respectivos desafios e resultados.

O capítulo três apresenta um pouco da importância da adoção de um modelo de maturidade na etapa inicial da metodologia proposta e introduz o conceito de *Capability Maturity Model Integration (Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado)* (CMMI), um modelo sugerido para avaliação do nível de maturidade e como ele se enquadra na composição da metodologia proposta para gestão energética de hospitais.

O capítulo quatro detalha a metodologia de efficientização energética proposta, in-

cluindo diretrizes para escolher as melhores medidas de Eficientização energética em hospitais, de acordo com o potencial de economia de energia e com fatores financeiros. Tais diretrizes buscam considerar o bom senso de se respeitar requisitos técnicos de priorização de determinadas ações em detrimento de outras.

Nesse contexto, serão apresentadas também duas tabelas com as principais ações de eficientização energética praticadas em edifícios hospitalares. A ordem de aplicação dessas ações será determinada mediante a pré discriminação das mesmas em primárias e suplementares. Após tal distinção, será justificada a necessidade da existência de uma ordem de aplicação de tais ações, no qual as ações primárias devem ser priorizadas em relação as que foram classificadas como complementares.

O capítulo cinco apresenta uma tradução da metodologia proposta no capítulo quatro para o software Bizagi Modeler, versão 3.9.0.015 em linguagem BPMN 2.0, *Business Process Model and Notation* (BPMN). Tal transcrição visa agregar os propósitos do *Business Performance Management* (BPM) com os da Gestão energética objetivada. Nesse capítulo foi escolhida uma das etapas do processo geral que pudesse exemplificar como uma análise do impacto de mudanças e implementação de novas ideias pode ser feita, através do Bizagi Modeler; ou seja, como identificar gargalos e simular diferentes cenários e seus respectivos resultados, antes de serem aplicados no mundo real. Por fim, a seção seis apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Literária

[24] expõe que os edifícios hospitalares, em especial, os hospitais públicos, estão frequentemente entre os prédios menos eficientes em termos energéticos. Os padrões de ventilação, climatização, iluminação, conforto térmico e outros aumentam, significativamente, os parâmetros de consumo de energia, de modo que, precisam garantir energia de qualidade para o fornecimento de eletricidade para atender a esta grande demanda.

Devido às necessidades de alguns equipamentos hospitalares precisarem de fontes de alimentação ininterruptas e o hospital precisar operar “fora da rede”, com geração de emergência para energia elétrica, tais restrições contribuem para a ineficiência do sistema elétrico dos mesmos.

[33] afirma que o padrão de consumo de energia dos edifícios hospitalares apresenta características intermitentes e contínuas. [34] mostra que, nos hospitais dos EUA, a intensidade energética é aproximadamente 2,6 vezes maior do que a de outros edifícios comerciais, variando de 640,7 kWh/m² nas zonas mais quentes a 781,1 kWh/m² nas áreas mais frias.

Esta variabilidade revela que as diferenças de temperatura nas zonas geográficas afetam consideravelmente o consumo ligado ao aquecimento e à refrigeração. Enquanto isso, nos hospitais europeus, a intensidade energética média é de 333,4 kWh/m² [35].

Segundo [24], é comum haver diferenças significativas nos padrões de consumo dos hospitais não só devido às distintas zonas climáticas, mas também devido ao uso (geral, psiquiátrico, centro de saúde, etc.), o estado da envoltória do edifício, nível de isolamento, nível de gestão de energia, idade e manutenção dos ativos eletromecânicos (bombeamento, ventilação, elevação, etc.) Os hospitais, além de apresentarem uma demanda energética durante 24 horas por dia, 7 dias por semana, são considerados unidades consumidoras

complexas [30].

Essa complexidade se dá, em especial, por se tratar de um estabelecimento, no qual se pode encontrar todos os tipos de atividades e características relacionadas aos projetos de instalação elétrica. Além das especificidades de instalações médicas, há também as comerciais e as industriais.

As particularidades das instalações comerciais presentes nos hospitais, podem ser encontradas, por exemplo, em locais do setor administrativo, recepção, depósitos e restaurantes. Já as características industriais são encontradas, por exemplo, em setores de manutenção do hospital, casa de máquinas, central de ar condicionado e cozinha[30].

Outra peculiaridade importante é a necessidade de fornecimento de energia a circuitos que alimentam equipamentos vitais à manutenção da vida. Esse fato apresenta extrema relevância diante da necessidade de implementação de ações relacionadas a serviços de manutenção das instalações elétricas e de possíveis *retrofits* das mesmas [31].

De modo geral, os hospitais apresentam oportunidades significativas de redução de custos e de economia de energia. Segundo [36], é possível atuar nessa direção, através de um melhor gerenciamento das instalações elétricas dos hospitais, assim como, promover a adoção de equipamentos eficientes e tecnologicamente mais avançados, não deixando em segundo plano, as modificações nos hábitos dos usuários e de algumas rotinas de trabalho.

2.1 Normas, Guias e Diretrizes de EE para hospitais

As Normas Internacionais que permitem analisar o desempenho energético global de unidades consumidoras que mais se aproximam dos hospitais são a “EN ISO 52000-1 – *Energy Performance of Buildings – Overarching EPB Assessment*” e a “EN ISO 52000-2 – *Energy performance of buildings — Overarching EPB Assessment — Part 2: Explanation and justification of ISO 52000 – 1*”. Tais normas são voltadas para analisar o desempenho energético global de edifícios novos e existentes.

Desse modo, a saída principal das diretrizes descritas na EN ISO 52000-1 é um indicador geral de desempenho energético de edifícios ou de parte de um edifício ou de um portfólio de edifícios. Já as principais saídas da EN ISO 52000-2 são os valores absolutos do desempenho energético total ponderado e o *Renewable Energy Rate (Taxa de Energia Renovável)* (RER), sendo possível também calcular indicadores de desempenho energético, caso os procedimentos adicionais indicados no anexo E da ISO 52000-1:2017 sejam

aplicados [28] [29].

Foram encontrados também guias de boas práticas de efficientização energética específica para hospitais, publicados por países como os Estados Unidos, Canadá e Índia. Por meio desses guias, é possível identificar com clareza os principais sistemas energéticos dos hospitais, cujo potencial de economia de energia é significativo. Além disso, são descritas, de forma detalhada, ações das mais diversas, tanto medidas mais comumente empregadas, quanto aquelas voltadas para situações mais eventuais [30], [31], [32].

Já no Brasil, a norma que mais se aproxima de diretrizes voltadas para a eficiência energética de hospitais é a ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de gestão de energia – Requisitos com Orientações para Uso [37]. A aplicação da ABNT NBR ISO 50001 permite gerar resultados diretos como por exemplo, a redução dos custos com energia e o aumento da segurança energética.

A ISO 50001 foi estruturada com base nos modelos de sistemas de gestão, como o de qualidade (ISO 9001) e o ambiental (ISO 14001). Seu propósito principal é instruir organizações para o estabelecimento de sistemas e processos que melhorem o desempenho energético, promovendo a eficiência energética, assim como, a redução das emissões de gases de efeito estufa. Para o sucesso na implementação dessa norma, é fundamental o engajamento, em especial, da alta direção da Organização.

Normalmente, as publicações de manuais e metodologias de efficientização energética do Procel são voltadas especificamente para os prédios públicos. Em 2008 foi publicada a “Regulamentação para etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos”, nela são especificados os requisitos técnicos necessários para a classificação do nível de eficiência energética para todos os segmentos do setor de edificações.

Em 2015, quando ficou estabelecido que práticas responsáveis de consumo deveriam ser adotadas (Portaria nº23), tal ação visou aprimorar a gestão do uso de energia e de água em prédios públicos. Por meio dessa portaria, ficou acordado que, a cada mês, os órgãos e entidades deveriam informar os dados de consumo de energia elétrica e de água por meio do *Sistema do Projeto Esplanada Sustentável* (SisPES). Além disso, afirmou-se que indicadores de monitoramento do consumo seriam estabelecidos pela *Secretaria de Orçamento Federal* (SOF/MP) e *Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação* (SLTI/MP).

Segundo [27], a Eletrobras espera publicar no início de 2022 as diretrizes da regula-

mentação que estabelecerá a obrigatoriedade de etiquetagem de conservação de energia de edificações residenciais e comerciais. Porém, enquanto as medidas de eficiência energética para o setor de edificações não se tornam compulsórias, alguns manuais já foram publicados, com o intuito de auxiliar gestores de energia a promoverem, ainda que voluntariamente, a elaboração de projetos que priorizem a eficiência energética e a sustentabilidade.

O “Manual do Pré-Diagnóstico Energético – Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos” [38], por exemplo, é dirigido aos administradores dos prédios públicos e, nele, é apresentada uma metodologia para a elaboração de um pré-diagnóstico de unidades do setor público. Esse manual foi publicado em 2010 e está focado em apresentar uma metodologia de identificação do potencial de economia de energia elétrica em dois sistemas.

O primeiro sistema abordado é o de iluminação, mas com a limitação de não apresentar as luminárias de *Light-Emitting Diode* (LED) como um dos principais tipos de lâmpadas disponíveis; e, o segundo sistema apresentado é o de climatização, porém, com uma abordagem limitada aos aparelhos de ar condicionado do tipo janela.

As ressalvas citadas podem ser sanadas com a utilização do “Guia Procel Edifica - Iluminação” e do “Guia Procel Edifica - Equipamentos”, publicados em 2011, cujos conteúdos estão mais coerentes com as tecnologias comumente utilizadas[27].

Existe também a “ABNT ISO 50.002:2014 - Diagnósticos energéticos: Requisitos com orientação para Uso”, cujo propósito é facilitar a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético de todos os tipos de organização, equipamento, sistema(s) ou processo(s). Essa norma, portanto, especifica os requisitos de processo para a realização de um diagnóstico energético em relação ao desempenho energético [39].

Outro Guia interessante é o Guia Técnico PROCELgem- Gestão Energética Municipal de 2004, voltado especialmente para funcionários de Prefeituras [27]. Essa publicação foi produzida com o objetivo de colaborar com o Administrador Municipal na gestão e no uso eficiente de energia elétrica, a fim de reduzir as contas de energia e, conseqüentemente, alocar esses recursos em outras áreas prioritárias do Município, como educação e saúde.

Dentre os principais objetivos, além de contribuir para o gerenciamento do uso da energia elétrica nos centros consumidores municipais, o PROCELgem visa auxiliar quanto à orientação para criação de uma equipe especializada em aplicação de conceitos de eficiência energética e capaz de auxiliar os Municípios a incorporarem conceitos energéticos em suas políticas.

Mais especificamente sobre edifícios hospitalares, outros guias interessantes do Procel

sobre Eficiência energética são as três etapas de Metodologia para Conservação de energia em Hospitais, publicadas em 2006. A 1ª etapa dessa metodologia é voltada para o Levantamento do Potencial de Conservação de energia, a 2ª etapa, para a elaboração do Pré-Diagnóstico energético e a 3ª etapa, para a elaboração do Diagnóstico energético [27].

Apesar do objetivo das 1ª e 2ª etapas ser fornecer, à própria Eletrobras, um bom indicativo das unidades que serão alvo de diagnóstico energético por empresas contratadas, possivelmente “Escos” (Empresas de serviços de conservação de energia), a 3ª etapa, de fato, apresenta diretrizes detalhadas para a realização da fase mais importante de um processo de gestão energética eficiente, o Diagnóstico energético.

Por meio desse último documento, é possível aprofundar a análise dos hospitais com os maiores valores de potencial de economia de energia elétrica. O *script* apresentado deixa registrado, portanto, a uniformidade dos procedimentos de análise, permitindo uma apresentação padronizada dos resultados obtidos na fase de auditoria energética. Sendo também destacada a solicitação das normas que são aplicáveis a ambientes hospitalares (Norma ANVISA e ABNT).

Nesse contexto, o documento [36], abrange orientações para a seleção e implementação de ações de eficiência energética, com o objetivo de reduzir em 30% o consumo de energia elétrica dos hospitais. Tal redução visa evitar desperdícios e economizar recursos financeiros, mas sem abrir mão do conforto que a eletricidade pode proporcionar. Nessa publicação, um dos seus mais relevantes destaques trata da importância do comprometimento da alta administração em mostrar claramente que o programa de conservação de energia está inserido na política administrativa do hospital.

A intenção da alta administração em otimizar o uso da energia elétrica pode ser expressa através de uma campanha de comunicação interna, por meio de adesivos, manuais, banners, notícias na intranet, entre outros. Dessa forma, os objetivos e metas a serem alcançados ficam claros e um acompanhamento rigoroso que inclua medidas corretivas em casos de distorções pode ser efetuado. Além disso, os resultados obtidos devem ser divulgados periodicamente e comparados com situações anteriores.

Em paralelo, uma COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – CICE, prevista pelo Decreto nº 99.656, de 26/10/90 (atualmente revogado), deve ser implementada, a fim de desenvolver o plano de economia e coordenar as ações de eficiência energética. [36] reforça que a realização do Diagnóstico Energético é o caminho para a elaboração de um programa de ações adequadas à qualidade dos sistemas de energia e à visão global do edifício.

Segundo [40], a estruturação de diretrizes para uma gestão eficiente e sustentável de edifícios hospitalares, precisa estar relacionada a diversos fatores, como, mudança de cultura, gestão energética, compra de energia renovável, tecnologias verdes, programas de responsabilidade social com foco no uso de energia e políticas públicas de energia sustentável.

[40] aponta que foram entrevistados funcionários de diferentes setores dos hospitais estudados, para obtenção de informações técnicas, de acordo com diferentes visões. Posteriormente, visitas in loco foram realizadas para confirmação dos dados relatados e obtenção de outros que não foram possíveis de captar inicialmente indicando assim, que a participação de todos os envolvidos no consumo da edificação devem ser consultados quanto as possíveis ações de redução de consumo.

[40] também afirmou que, para uma efetiva mudança na gestão de um determinado processo, é fundamental o envolvimento da alta administração no direcionamento dos funcionários do hospital e dos *stakeholders*. Dessa forma é possível instruí-los de acordo com as políticas ambientais e organizacionais, de maneira alinhada, a fim de comprometê-los à redução do desperdício de energia.

Os estudos de caso presentes em [40] apontaram que o envolvimento dos funcionários é, muitas vezes, difícil em hospitais. Dessa forma, são vitais, portanto, os treinamentos com o intuito de alertá-los sobre os consequentes impactos negativos, causados pelo uso indevido da energia. Outra necessidade evidenciada foi o desenvolvimento de um plano de gerenciamento de consumo de energia, de acordo com as diretrizes da ISO 50001, priorizando a aquisição de energia renovável e de tecnologias que promovam sustentabilidade ambiental.

Outra estratégia interessante identificada em [40] foi a possibilidade de os hospitais utilizarem sua influência para incluir palestras sobre o uso de energia em seus programas de responsabilidade social. Dessa forma, tal atividade funcionaria como uma ampliação dos treinamentos internos feitos aos funcionários, alcançando seus pacientes, acompanhantes e comunidade do entorno.

Devido às preocupações com a segurança da vida, os sistemas elétricos das instalações de saúde devem ser robustos para atender às necessidades operacionais e aos requisitos de vários códigos e padrões. [24] ratifica que para identificar áreas de economia potencial, as categorias de energia de alto custo devem ser monitoradas, levando em consideração um programa integrado de gestão de energia.

Segundo [36], é crucial o conhecimento completo dos sistemas energéticos para uma gestão energética eficaz. Em [35], os dados mostram que 41% do consumo de energia elétrica em grandes hospitais no Brasil é demandado pelo sistema de refrigeração (uso de ar-condicionado), 26% demandado pelo sistema de iluminação e aproximadamente 5% é demandado pelo sistema de aquecimento de água.

Da mesma forma, em [34], a análise dos dados de energia mostra que o aquecimento, ventilação, aquecimento de água e resfriamento são os maiores consumidores de energia nos sistemas de saúde nos EUA, respondendo por 29%, 12%, 11%, e 11% da quantidade total de energia, respectivamente. Outras pesquisas mostram que os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC) estão entre os principais consumidores de eletricidade em hospitais em todo o mundo, respondendo por 30-65 % na Índia, aproximadamente 51,36 % na Tailândia e 44% no Reino Unido [34].

Segundo [41], que apresenta estudos de caso de eficiência energética de hospitais nas Filipinas, o ar condicionado e os aparelhos médicos são os aparelhos que mais consomem energia em hospitais. Já [42] aponta que, em geral, os sistemas de *Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado* (AVAC) são a maior parte do consumo de energia elétrica nos hospitais, com o sistema de ar condicionado sendo o responsável por cerca de 70% do consumo total de eletricidade; os motores elétricos e sistemas de iluminação cerca de 19% e 21%, respectivamente.

Em termos genéricos, [24] afirma que os maiores consumidores de eletricidade em hospitais são os refrigeradores, os compressores de ar, o bombeamento de água, os sistemas *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (HVAC), a iluminação, os equipamentos médicos e os equipamentos de escritório.

Segundo [43], organizar o edifício hospitalar com sistemas de medições individualizados por setores possibilita a economia do consumo de energia elétrica em cada centro de custo e equipamento de grande porte. Além disso, possibilita a divisão da responsabilidade na gestão dos recursos.

[43]apresenta um conjunto de diretrizes para que edifícios de saúde alcancem alto desempenho de eficiência energética. Para isso, determinou dez temas, para identificar oportunidades de economia de energia. Os temas mais teóricos foram: a compreensão e o *benchmarking* do uso de energia; as melhores práticas e treinamento; códigos e padrões; o projeto de hospitais sustentáveis de próxima geração e questões econômicas e organizacionais.

Já os temas voltados para o aprofundamento do conhecimento dos sistemas energéticos hospitalares foram: melhor utilização de projetos e tecnologia HVAC existentes; inovação em design e tecnologia de climatização; projeto de sistema elétrico; iluminação; equipamentos médicos e cargas de processos.

A estratégia escolhida em [43] para a seleção das ações de eficiência energética a serem priorizadas foi considerar o impacto potencial, a probabilidade de viabilidade de curto ou médio prazo e o custo-benefício previsto das mesmas. O trabalho realizado em [24] conseguiu ilustrar a estrutura de uma metodologia de gestão de energia para hospitais, por meio de um fluxograma simples, cujas fases principais estão ilustradas na figura 2.1:

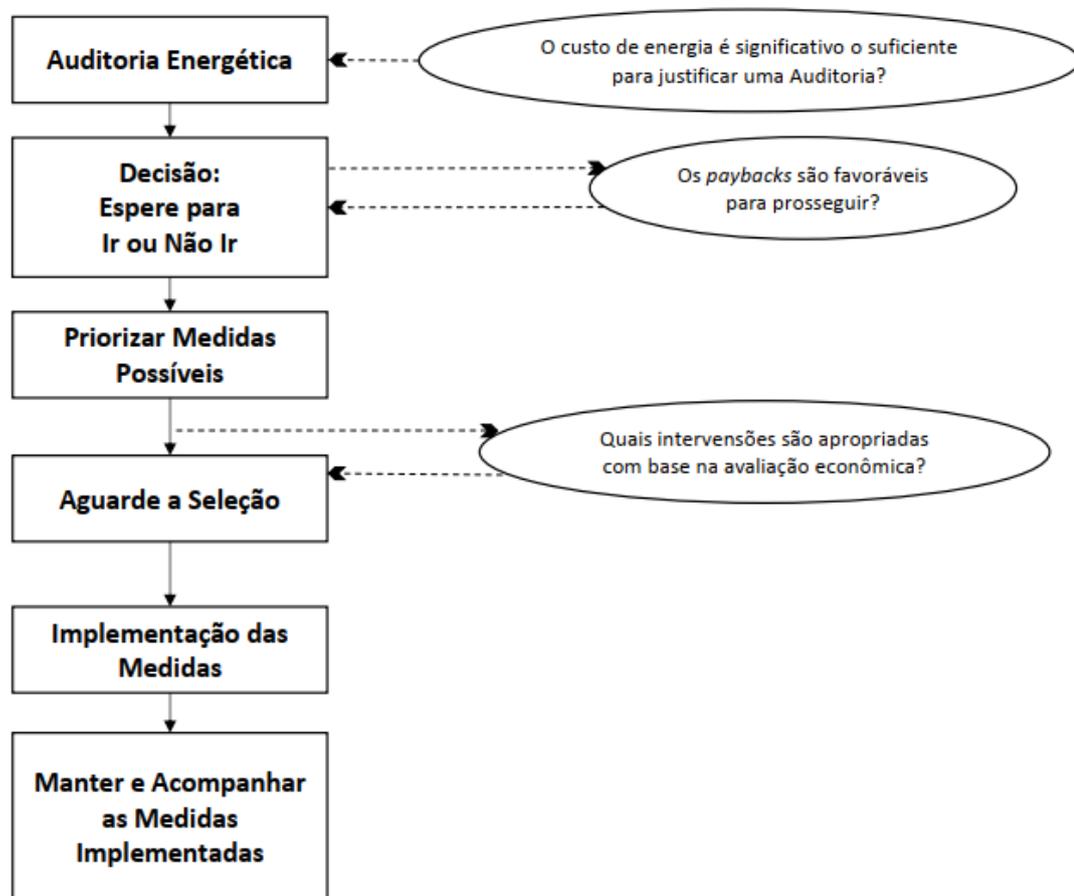


Figura 2.1: Metodologia Simplificada de gestão de energia para hospitais [24]

[44] destaca que, ao se considerar a reforma de um hospital existente, é fundamental garantir que os projetos sejam energeticamente eficientes e seguros para os pacientes. Entre as principais questões de segurança do paciente, durante a implementação do *retrofit* nos estudos de caso, estão os ruídos, vibração, poeira e amianto. No entanto, é apontado por [45] que não há padrões ou diretrizes para integrar a segurança do paciente e a eficiência energética em projetos de *retrofit* no setor de saúde.

A metodologia de implementação de ações de eficiência energética precisa partir de um cenário técnico que atende às normas e parâmetros específicos aos projetos e às suas fases de elaboração. Por se tratar de um ambiente hospitalar, é indispensável o envolvimento do corpo técnico responsável pelo gerenciamento da instalação elétrica do edifício, a fim de garantir o cumprimento das normas técnicas da concessionária de energia que atende o hospital e dos requisitos específicos de instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde.

Entretanto, o presente trabalho visa detalhar, não os requisitos técnicos presentes nas normas técnicas nacionais ou internacionais, mas sim, mostrar opções de soluções dentro das principais etapas do processo de efficientização energética.

Na prática, caso sejam identificadas irregularidades de cunho normativo, que comprometam, tanto a segurança das instalações elétricas hospitalares, quanto a privacidade e a segurança dos pacientes, a metodologia proposta deve prever a comunicação da equipe especializada, com o setor confiável a garantir os direitos dos pacientes e o restabelecimento das condições de segurança elétrica do hospital.

2.2 Ações de Eficiência Energética em Edifícios hospitalares – Experiência Internacional

Em [46], um hospital de 31.019,2m² em Alexandria, Egito, foi escolhido como estudo de caso para implementação de uma metodologia de *retrofit*, ação motivada pela operação contínua de dispositivos médicos e pelos requisitos de qualidade do ar em instalações de saúde. A economia de energia foi avaliada considerando a implantação de diversas medidas de efficientização energética, como diminuição da intensidade da iluminação, adição de isolamento às paredes, alteração do sistema de ventilação e ar condicionado, entre outras.

As simulações prévias realizadas mostraram que, ao optar por um sistema de ar condicionado mais moderno, o hospital poderia reduzir cerca de 34% do seu consumo anual de energia. [46] conclui mostrando que as medidas de *retrofit* selecionadas podem proporcionar mais de 41% de economia de eletricidade, correspondendo a uma redução de 7.068.178 kWh/ano. O documento ressalta que os hospitais se destacam dentre os edifícios comerciais, pois têm requisitos específicos de fluxo de ar e ventilação.

Em [47], o Queensland Children's Hospital em Brisbane, Austrália, foi escolhido para o chamado *Deep Energy Retrofit* (DER), definido pelo Programa *Energy in Buildings and Community* (EBC) da *International Energy Agency* (IEA) como um grande projeto de

retrofit de edifício capaz de reduzir em 50 % a intensidade do uso de energia local. O estudo mostra que o *payback* para a substituição da iluminação fluorescente por LED, corresponde a aproximadamente um ano. O projeto conta ainda com a implantação de janelas fotovoltaicas, que apresentam potencial de economia de 91 MWh por ano com *payback* de 14,2 anos.

[44] estudou a implementação de medidas de *retrofit* em três diferentes unidades de saúde: No Estudo de Caso 1, para reduzir o custo da energia usada no Centro de Câncer e no Departamento de Emergência de uma unidade de cuidados intensivos de 40 anos, um novo sistema de HVAC e lâmpadas LED foram instalados.

Além disso, a fonte de alimentação elétrica do edifício foi convertida para um sistema de 12kV. Ainda assim, [44] aponta que as medidas de eficiência energética possíveis foram limitadas, pelo fato de as áreas de atendimento ao paciente serem obrigadas a seguir determinados padrões das unidades de saúde.

No Estudo de Caso 2, o projeto consistiu na reforma de aproximadamente 880 m² do setor de Radiologia de um hospital e na construção de um Ambulatório. O principal critério para investir em equipamentos com eficiência energética foi um *payback* máximo de três anos. Como resultado, o sistema de ventilação do hospital foi substituído por um *Volume de Ar Variável* (VAV), um sistema de controle de climatização e a iluminação foi atualizada.

Finalmente, no Estudo de Caso 3, o projeto envolveu a construção de uma nova Unidade de Terapia Intensiva Neonatal com 52 leitos privados no quarto andar do hospital. O custo de energia no hospital era de aproximadamente 26 dólares por minuto. Assim, a análise considerou uma série de medidas de *retrofit*, como por exemplo: modernizar o sistema de iluminação, aumentar a taxa de ventilação do ar externo, contratar uma empresa para implementar um projeto, no qual 59% da demanda total de eletricidade seria fornecida por uma fonte de energia renovável e instalar dispositivos responsáveis por reduzir o uso de água e sensores de dióxido de carbono para melhorar a qualidade do ar externo.

Um trabalho realizado na cidade de Aguascalientes, México, propôs aplicar, no complexo hospitalar do Instituto Mexicano del Seguro Social, a "tecnologia *Pinch*", uma tecnologia do ponto de estrangulamento que consiste em uma metodologia baseada nos princípios da termodinâmica para reduzir o consumo de energia térmica. O trabalho geral mostrou que essa medida poderia reduzir em 38% a potência térmica utilizada, adicionando quatro trocadores de calor ao sistema, correspondendo a 246 mil litros de diesel

[24].

Em [48], foi proposta uma metodologia abrangente para melhorar a eficiência em plantas de múltiplos resfriadores, por meio de análise orientada de dados. Tal estudo baseia-se em operações de agregação, filtragem e projeção de dados, permitindo mapear *chillers* e toda a planta elétrica para definir e ajustar as regras de operação.

O *software* de gerenciamento da planta de *chillers* foi implementado no Hospital de León (Espanha), a fim de estabelecer quando um *chiller* deve ser ativado ou desativado, de acordo com diferentes critérios de eficiência. Essa ação implicou em uma economia de energia elétrica de 380.000 KWh durante o ano estudado. Mas a referida abordagem não garantiu um resultado ótimo, sendo necessárias aplicações iterativas da mesma.

Em [49] foi possível apresentar resultados relevantes em relação à implementação de ações de eficiência energética em edifícios públicos diversos. A instalação de usinas solares e eólicas, a substituição de componentes de envelopamento, de iluminação e de envidraçamento e o *retrofit* das instalações de climatização e sistemas de iluminação, proporcionaram resultados benéficos significativos. Dos 19.590 GJ/ano de energia utilizada antes do *retrofit*, obteve-se um valor estimado de 5.963 GJ/ano de energia economizada após a atualização dos edifícios públicos.

Já em [41], são apresentados dois estudos de caso nas Filipinas que tratam da compreensão dos fatores influentes na implementação de um *Bright Green Hospital* e o envolvimento de acionistas nesse processo. Dessa forma, para um dos hospitais, foram relatadas ações de efficientização por meio de implementação de políticas hospitalares para funcionários e clientes e de um programa de gestão de energia de estratégia própria, que inclui um projeto de iluminação natural, especialmente nos quartos dos pacientes e a substituição da iluminação antiga por LED.

Já o segundo hospital implementou uma gestão de energia de acordo com as normas *International Organization for Standardization* (ISO), estabelecendo padrões para uma unidade de ar condicionado, instalando iluminação LED e utilizando janelas amplas para iluminação natural. Os sistemas de painel solar fotovoltaico e de gerenciamento de edifícios são parte do plano de gerenciamento de energia do *Pinggoy Medical Center*.

Em [50], foram compartilhados resultados de uma investigação do potencial de economia de energia de um edifício policlínico, pertencente a um hospital na Holanda. A análise buscava obter as características do edifício, assim como sua oferta e demanda de energia. O surpreendente resultado levou a recomendações de possíveis medidas de economia de

energia, como, taxas de ventilação e iluminação controladas.

Essas medidas visaram diminuir as discrepâncias encontradas entre os números de pessoas presentes no hospital e sua lotação plena e entre os valores projetados e instalados dos sistemas de iluminação, além de impedir que o suprimento de ar do sistema de ventilação permaneça constante independentemente do número de pessoas presentes.

Em [42], foram apresentadas diversas ações de conservação de energia implementadas em hospitais de diferentes países entre os anos de 2011 e 2020. Portugal foi o único país, cujas ações alcançaram maior abrangência em relação aos diferentes tipos de sistemas energéticos, como por exemplo, os sistemas de HVAC, iluminação e outros não especificados.

Nesse mesmo trabalho que apresenta uma visão abrangente de estratégias de economia de energia em hospitais, é mencionada uma série de ações de eficiência energética e suas correspondentes reduções no consumo de energia elétrica, as ações são as seguintes:

- Aplicação de técnicas de controle avançadas e integradas para regular os sistemas de HVAC e iluminação. Potencial de taxa de economia de custos: 5 a 20% anualmente;
- Instalação de *Variable Speed Drive* (VSD) para bombas e ventiladores de ar condicionado. Potencial de taxa de economia de energia: 50% (reduzindo a velocidade do motor em 20%, gerando otimização do tempo de funcionamento do ventilador e da bomba);
- Integração dos sistemas de controle de iluminação com iluminação de baixo consumo. Potencial de taxa de economia de energia: Até 30% de economia de energia;
- Implementação de medidas de eficiência energética para a sala de cirurgia com foco na redução da taxa de troca de ar com base na ocupação da sala de cirurgia. Potencial de taxa de economia de energia: Até 25%;
- Disposição dos equipamentos de refrigeração para servidores em fileira em um datacenter hospitalar. Potencial de taxa economia de energia: 30%;
- Monitoramento contínuo dos sistemas de energia. Potencial de redução nas contas anuais de energia: de 10 a 15%.

O estudo [51] examinou o uso da eletricidade de um hospital público na Malásia, cujo consumo total de energia elétrica é de 11.255.203,45 kWh/ano. Foram propostas

medidas de conservação de energia como campanhas de conscientização, substituição de computadores pessoais por laptops e substituição de geladeiras, podendo gerar reduções de consumo total de eletricidade, de custos e de emissão de CO_2 em torno de 429.743,39 kWh/ano, R\$ 152,127.57/ano (R\$ 190.159,46/ano) e 296.522,94 kg/ano, respectivamente.

Um outro estudo examinou a distribuição da carga de eletricidade de mais um hospital público da Malásia, em Selangor, cuja conta de energia elétrica anual chega a um valor de aproximadamente R\$ 8,599,122.56 (R\$ 10.750.000/ano). A auditoria energética realizada sugeriu outras ações de eficiência energética, como o controle de temperatura ambiente, a implantação de um sistema de iluminação eficiente e de VSD [52].

Tais medidas chegaram a valores estimados de custo total e *payback* de R\$ 748,606.65 (R\$ 935.758,31) e 1,78 anos, respectivamente. Já o valor de potencial de redução de eletricidade ficou em torno de 1.250.000 kWh/ano, equivalente a uma economia de R\$ 421,706/ano (R\$ 527.000/ano) e redução total de 869 toneladas de emissão de CO_2 por ano.

No Brasil, hospitais como o Sírio-Libanês, em São Paulo, e o Mater-Dei, em Belo Horizonte, implementaram recentemente programas que visam reduzir a demanda por energia elétrica. O Hospital Sírio-Libanês com a construção de mais 3 blocos na unidade hospitalar o fez com o objetivo de que os mesmos alcancem o máximo de eficiência energética. Para isso, as novas torres de 16 andares apresentam equipamentos mais eficientes, vidros que refletem a luz solar e sistemas novos de condicionamento de ar e aquecimento de água.

Além disso, foram implementados sistemas de automação para ajuste da demanda de energia de acordo com a necessidade de cada momento. Destaca-se, que entre as inovações implementadas nas novas torres está a nova central de água gelada, que reduziu o consumo de energia em 40% se comparado com o sistema anterior. O sistema otimizado foi o de aquecimento de água, utilizado na nova unidade e nos prédios antigos, que reduziu em cerca de 1/3 a demanda energética de seu sistema.

Também foram feitos investimentos na modernização do sistema de iluminação das unidades de todo o hospital. Nos novos blocos foi implementado um sistema de alto rendimento que proporciona um baixo consumo de energia, em torno de 6,6kW/m². Já a parte antiga, sofreu um *retrofit* completo com instalação de iluminação de LED, controlada por um sistema de automação predial capaz de interagir com todas as modalidades utilitárias, como iluminação, ar-condicionado, aquecimento de água e sistemas de elevadores. O potencial de ganho correspondente a essa otimização operacional ficou em torno de

20%. As novas torres foram concebidas com vidros de alto desempenho em sua fachada, evitando a insolação e a propagação de calor no ambiente, reduzindo de forma significativa a utilização do ar-condicionado, chegando a uma redução do consumo de energia de até 30%.

A unidade hospitalar Mater investiu na construção moderna e tecnologicamente avançada do novo hospital da rede, na avenida do Contorno, região Centro-Sul da capital mineira. O novo edifício possui toda a sua iluminação em LED, equipamentos médicos eficientes, tecnologia de vidro duplo, estrutura de data center 78% virtualizada, computadores *All – in – One* e um sistema de climatização automatizado. O mesmo sistema funciona como um cogenerador de energia, no qual todo calor produzido pelo ar-condicionado é utilizado para o aquecimento de água, o que reduz consideravelmente o consumo de energia para o aquecimento de água utilizada nos banhos e na cozinha.

Além disso, o Mater Dei mantém um programa constante de informação, com o objetivo de conscientizar os funcionários e clientes sobre as práticas de eficiência energética e sustentabilidade. Na área de comunicação interna, como a intranet, são apresentados informativos sobre custos de desperdícios e hábitos a serem evitados. Já para os clientes são distribuídos folhetos com informações sobre como praticar ações de sustentabilidade e uso racional de energia e água [27].

Sendo assim, esse capítulo buscou abranger ao máximo as ações de *retrofit* que resultaram em economia de energia elétrica em edifícios hospitalares, mesmo diante da complexidade enfrentada, também verificada por meio da revisão literária. Além disso, buscou apresentar de forma ampla como e quais diretrizes tem sido utilizadas ou pelo menos disponibilizadas para um melhor direcionamento e conseqüentemente, melhores resultados, quanto à implementação de projetos de eficiência energética em hospitais.

Capítulo 3

A Importância do Modelo de Maturidade

No presente trabalho, será destacada a importância da adoção de um modelo de diagnóstico de nível de maturidade na etapa inicial da metodologia proposta. Lembrando que o principal objetivo da metodologia proposta é mostrar como deve ser feita a gestão energética de instalações elétricas hospitalares, enquanto que o modelo de diagnóstico do nível de maturidade permite mostrar o que deve ser feito para a realização de tal gestão.

A fim de ilustrar melhor a estruturação de um modelo de maturidade, foi escolhido o CMMI como sugestão de modelo a ser adotado na etapa inicial da metodologia proposta. O CMMI trata-se de uma evolução do *Capability Maturity Model* (CMM), modelo de capacitação de processos de *softwares*. Esse modelo que descreve melhores práticas para melhoria de processos também ligados à mudança de cultura de Empresas, Instituições ou Organizações. O CMMI fornece às organizações, elementos essenciais para a melhoria de seus processos, tornando-os ainda mais eficazes. Esse modelo pode guiar a melhoria de processos tanto de um projeto quanto de uma divisão ou, até mesmo de uma organização inteira. O princípio fundamental que embasa o modelo de maturidade sugerido é o fato de que, à medida que a maturidade do processo aumenta, a qualidade do produto ou serviço melhora [53].

Normalmente, esse modelo é utilizado por empresas de consultoria que visam ajudar instituições a melhorarem sua forma de entregar serviços e como desenvolver seus produtos de *software*. Entretanto, essa realidade não impede que seus princípios sejam aplicados em cenários de outros tipos de serviços [54]. Inicialmente, o CMMI apresentava diversos componentes em sua estrutura, assim como, áreas de processos, metas específicas e genéricas. Mas em 2018 uma nova versão foi apresentada e uma nova atualização do modelo

foi disponibilizada considerando sua evolução nos últimos anos, além de contemplar novas realidades do mercado. Segundo [54], o CMMI tornou-se um padrão internacional para *benchmarking* de empresas, contando com três diferentes modelos:

- CMMI *for Development* (CMMI-DEV) - define melhores práticas para desenvolvimento de produtos e serviços;
- CMMI *for Services* (CMMI-SVC) - define melhores práticas para fornecimento de serviços;
- CMMI *for Acquisition* (CMMI-ACQ) - define melhores práticas para aquisição de produtos e serviços.

Segundo o [55], essas 3 visões do modelo CMMI também podem ser utilizadas para serviços médicos, educacionais, órgãos públicos que terceirizam a prestação de serviços e o desenvolvimento de sistemas.

Nesse capítulo serão apresentadas três relações diretas que o CMMI tem com a metodologia proposta no presente trabalho. Em geral, o CMMI é utilizado para melhorar os negócios e destacar os pontos críticos dentro de processos de desenvolvimento de um produto, prestação e operação de serviços e gestão da cadeia de suprimentos.

Por ser um modelo reconhecido internacionalmente, sendo adotado por diversas organizações que compõem o *Fortune* 500 (lista anual publicada pela revista Fortune com as 500 maiores corporações dos Estados Unidos por receita total), o presente trabalho apresentará alguns dos princípios do CMMI que estão aplicados na metodologia proposta [54].

O CMMI é considerado não somente como um artefato de avaliação, mas também como uma ferramenta que permite planejar o desempenho, coletar dados e verificar a melhoria do desempenho dos negócios antes, durante e depois da avaliação [53]. Nesse contexto, a primeira relação entre o referido modelo e a metodologia proposta está no fato de, inicialmente ser recomendada a adoção do modelo do CMMI para avaliar a unidade consumidora em relação ao seu nível de maturidade, diante da implementação de projetos de *retrofit* energético.

A segunda relação identificada se verifica na equivalência entre diversas etapas contidas no fluxograma proposto e etapas presentes na estruturação do modelo CMMI, como por exemplo, coleta e registro de dados, cálculo de indicadores, entre outros.

A terceira relação se baseia no fato de muitos princípios do modelo CMMI serem reconhecidos na metodologia proposta de *retrofit* energético de hospitais. As diretrizes de diagnóstico de nível de maturidade que emoldam o modelo do CMMI, também visam verificar a melhoria do desempenho dos serviços antes, durante e depois da avaliação, e esse mesmo princípio é identificado na metodologia proposta, com o acompanhamento do desempenho energético realizado no início, meio e fim da metodologia de gestão energética em questão.

Em suma, dentre essas três importantes relações identificadas, a que mais se destaca é a primeira, visto que, com a ausência de um determinado nível de maturidade, necessário para a implementação de um determinado projeto, não é possível, nem ao menos, dar início ao plano.

No geral, uma das principais vantagens provenientes da adoção de um modelo de maturidade está atrelada ao seu perfil de possibilitar informar o que deve ser feito ou quais os requisitos mínimos necessários, para a implementação de um projeto. Nesse contexto, é sugerido a adoção do CMMI, um modelo de diagnóstico de nível de maturidade reconhecido internacionalmente.

Segundo a [54] os problemas mais comuns enfrentados por uma organização com baixa maturidade de processos, são dados por exemplo pela falta de cumprimento de determinados requisitos, por projetos não planejados, profissionais despreparados, falta de medições, insatisfação dos clientes, e outros. Uma das principais barreiras para a implementação de um projeto de *retrofit* energético em edifícios hospitalares envolve questões culturais.

O diagnóstico do nível de maturidade é útil não somente para conhecer em profundidade o nível de domínio do gerenciamento de uma determinada instituição sobre um processo, mas também permite que questões e soluções sejam levantadas a respeito dos pontos limitantes à melhoria dos serviços prestados ou das condições mínimas necessárias para a implementação de um determinado serviço ou projeto, antes mesmo da metodologia de gestão ser implantada.

Segundo [56], em um setor complexo, dinâmico, especializado e multidisciplinar como o setor de saúde, a gestão de processos só é alcançada com as ferramentas certas e uma cultura organizacional solidária. Antes de apresentar a metodologia proposta, é necessário destacar a importância de se adotar um modelo de diagnóstico de nível de maturidade na Instituição ou empresa que apresente interesse em implementar um determinado projeto. Saber se a instituição atende a pré-requisitos básicos para a implementação de um processo

é crucial para conhecer melhor o nível de desenvolvimento da Instituição.

De acordo com [54], pesquisas da *Mckinsey & Company*, as Organizações apresentam habilidades reduzidas de implantar melhorias de processos. Nas pesquisas, 50% das empresas entrevistadas falham na apresentação de um processo padrão. Em continuidade, 33% das empresas citam dificuldades na monitoração de planos e realização de ajustes e 54% das empresas não realizam medições pertinentes.

Tais contenções bem representam falhas relacionadas à busca pelo aprimoramento das capacidades da instituição. Para começar a construir melhores capacidades e aumentar suas vantagens competitivas no mercado, as instituições precisam confrontar os fatos que afetam suas competências. Uma das formas do CMMI detectar pontos limitantes de crescimento é fazendo as seguintes perguntas:

1. Existe esforço para melhorar a velocidade de comercialização do produto ou serviço prestado?
2. Aspira-se aumentar a produtividade e eficiência das equipes?
3. Tem como objetivo entregar produtos ou serviços de qualidade que atendam satisfatoriamente as necessidades dos clientes?
4. Procura-se continuamente superar a concorrência?

Um ponto importante a ser destacado, é que, normalmente, o CMMI é procurado por empresas privadas que buscam ser líderes no mercado e apresentar altas taxas de crescimento, uma realidade bem diferente das iniciativas das Instituições Públicas [53]. Como o CMMI visa criar um relacionamento bem sucedido entre suas práticas e os resultados do negócio sob análise, tal modelo criou um conjunto de capacidades projetado para ajudar as organizações a vencerem os desafios relacionados à mudança do cenário global de negócio. Ou seja, o CMMI é formado por um conjunto de melhores práticas com o intuito de impulsionar o desempenho dos negócios por meio de construção e aferição de capacidades essenciais [53].

O modelo CMMI *Development* 2.0 é dividido em categorias, essas categorias são divididas em "Áreas de Capacidade" e cada área apresenta um conjunto de "Áreas de Prática". Cada área de prática é representada pelo mesmo símbolo e cor da área de capacidade ao qual pertence. Essa representação visa facilitar o treinamento, retenção e adoção de tal modelo [53].

É bom destacar que o CMMI não é implementado, mas sim, adotado, e, feita essa adoção, a Instituição deve implementar, por meio de um processo, o conjunto de boas práticas do CMMI [54]. Os benefícios do CMMI podem ser resumidos pelos seguintes resultados: melhoria de desempenho; incremento de melhores práticas; construção de resiliência e escalabilidade ágil; *benchmark* de capacidade e desempenho e estímulo à adoção de ações para a melhoria de processos [53].

Cada um dos níveis de maturidade é estruturado com um conjunto de capacidades que a Instituição deve apresentar. Já o conjunto de capacidades orientam as definições das práticas de desempenho. Tais práticas ajudam as Instituições a entenderem melhor suas necessidades e a acompanhar, medir e alcançar seus objetivos de desempenho [53].

Nas versões mais antigas, o CMMI poderia ser representado por duas maneiras diferentes, o CMMI por estágios e o CMMI Contínuo. No CMMI por estágios havia 5 níveis de maturidade, cada nível continha determinadas "Áreas de processo" pertencentes a diferentes categorias, e essas áreas, também conhecidas como *Process Area* (PA), eram compostas por um conjunto de práticas.

Essas práticas deviam ser executadas de forma coletiva e a organização era avaliada como um todo quanto ao nível de maturidade de seus processos [57]. O CMMI por estágios, portanto, permitia um caminho claro de aprimoramento para as organizações, porém, impedia que a mesma se movesse para níveis seguintes sem que todas as áreas dos níveis anteriores fossem cumpridas.

Já no CMMI Contínuo a avaliação da maturidade do processo era realizada por meio de Níveis de Capacidade cumulativos, com PA agrupadas por categoria, e a avaliação dos níveis de capacidade era feito por categoria [57]. O CMMI Contínuo não classificava a organização como um todo em níveis discretos, mas sim, cada área de processo individualmente, pertencentes a uma mesma organização, permitindo a análise, não somente dentro de uma mesma organização, mais entre diversas organizações.

Com a nova versão do CMMI, versão 2.0, a principal mudança nessa atualização foi o fim das representações contínua e por estágio, ficando apenas um único modelo coeso baseado em 6 níveis de maturidade. As antigas "Áreas de Processo" passaram a se chamar "Áreas de Prática", divididas em "Áreas de Prática Comuns" e "Áreas de Prática Específicas" [54]. De modo geral, a versão CMMI 1.3 apresentava, dentro de cada nível, as áreas de processo juntamente com seus respectivos propósitos e objetivos. Além disso, os objetivos eram diferenciados em objetivos específicos e objetivos genéricos, e, para cada objetivo, um conjunto de práticas. Essas práticas também eram separadas em práticas

específicas e práticas genéricas.

Já na versão 2.0 as "Áreas de Processo" deixaram de existir, sendo substituídas pelas "Áreas de Prática". Dentro de cada "Área de prática" existem grupos de práticas que vão ajudar a Organização a construir capacidades e habilidades em uma determinada categoria. Além disso, as práticas que antes eram esperadas, passaram a ser requeridas e as práticas genéricas foram substituídas por duas áreas de prática, a GOV (Governança), direcionada a obter o comprometimento da alta direção para a implementação dos processos e a II (Implementação de Infraestrutura), que visa introduzir práticas direcionadas a recursos, ambiente e capacidades que afetam os processos como um todo [54].

A partir do CMMI V2.0, foi incorporado o Relatório de Desempenho, um documento vinculado aos resultados da avaliação. Esse relatório ajuda a relacionar o uso do CMMI com a melhora do desempenho, além de fornecer mais visibilidade para a liderança sobre quais as oportunidades de melhoria contínua. Nesse relatório estão presentes informações chave como: indicadores, ações, resultados e benefícios [53].

O relatório é preparado pelo avaliador líder e é fornecido ao patrocinador como parte do registro da avaliação. Posteriormente, o relatório é submetido ao CMMI que vai alimentar uma base de resultados de desempenho das empresas ou de instituições avaliadas. Por isso, o CMMI é também fundamentalmente uma ferramenta de uso futuro de informações para análise de *benchmarking* [54].

As Unidades Organizacionais que mais aderiram à versão atualizada do modelo CMMI em 2021, foram as unidades de Serviços Financeiros, Transportes e Serviços Públicos Governamentais, conduzindo a um entendimento de possível viabilidade de adoção de tal modelo para melhoria dos processos de prestação dos serviços hospitalares públicos, por exemplo [54].

Como o CMMI *Development* 2.0 está sob fortes regras de direitos autorais, muitas restrições são feitas em relação à apresentação de detalhes do modelo. Entretanto, é possível obter uma melhor visualização de como as organizações são avaliadas pelo CMMI, por meio de publicações que realizam esse tipo de análise.

Em [58], após a síntese dos benefícios empíricos do uso de diversos modelos de maturidade, dois proventos foram considerados significativos: (a) identificar problemas e fornecer orientações para melhoria nos contextos de atenção à saúde e (b) melhorar a eficiência, eficácia, desempenho e produtividade.

Segundo [58], os hospitais estão investindo de forma considerável na orientação e ges-

tão de processos para se tornarem mais eficientes, eficazes e concorrentes. Além disso, considerou-se que os modelos genéricos de maturidade de capacidade existentes para gerenciamento de processos não são aplicáveis no contexto hospitalar, pois são marcados por problemas de natureza cultural e estrutural [59].

Dessa forma, por não haver uma norma geral que contenha os passos que esses edifícios devem percorrer para alcançar tais condições, esse estudo buscou apresentar um modelo de maturidade em estágios, derivado algorítmicamente com base em dados empíricos de 129 hospitais na Suíça. Sendo assim, foram estruturados os seguintes níveis de maturidade: Nível 1: Incentivo à orientação do processo; Nível 2: Tratamento caso a caso; Nível 3: Processos definidos; Nível 4: Ação corretiva ocasional e Nível 5: Melhoria de ciclo fechado.

Segundo o modelo de maturidade criado em [58], temas como “Gerenciamento de requisitos” já são tratados desde o nível 2, ou seja, sem a garantia do cumprimento de determinados pré-requisitos, torna-se impraticável a classificação de uma determinada Instituição como detentora de um alto nível de maturidade que a permita incorporar projetos mais complexos e que exijam maior preparo e estruturação.

Em [36] já nas primeiras recomendações para o sucesso na implementação de um Plano de Economia de Energia em hospitais são priorizadas práticas que antecedem a própria implementação do projeto, uma espécie de preparação do hospital para o início dos trabalhos. Dentre as práticas de preparação do hospital está a formação de uma comissão interna, nesse caso específico, uma COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – CICE, constituída por representantes de cada unidade do hospital, responsável pela implementação e acompanhamento das ações.

Outra prática de preparo seria a implantação de um programa interno de conservação de energia, devido ao fato de ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo. Um programa de conservação de energia exige a apresentação de ações que podem demandar mudanças de hábito, um expressivo obstáculo a ser vencido. O setor que precisa estar diretamente comprometido em mostrar que o referido programa está inserido na política administrativa do hospital é a alta administração.

Dessa forma será possível não somente instituir medidas de estímulo à participação, à criatividade e à colaboração dos clientes e do quadro funcional, como também, implementar um padrão de atuação de racionamento sobre as diversas unidades, mesmo diante de suas particularidades.

Em se tratando de um Projeto de Eficientização Energética, a adimplência com a concessionária de energia elétrica, funciona como um exemplo de ação dentro do conjunto de práticas presentes nas "Áreas de prática" que estruturam os níveis de maturidade do CMMI, podendo ser gerenciado pela CICE, por exemplo. A importância da adimplência se justifica pela possibilidade do hospital acessar fomentos subsidiados por diferentes órgãos de fomento e com grande atratividade financeira.

No mínimo, seria conveniente que as práticas que funcionam como pré-requisitos para a implementação de qualquer projeto, estejam presentes nos primeiros níveis, mais precisamente no nível 1, nível de maturidade inicial do CMMI. Outro exemplo de prática presente no nível inicial de maturidade do CMMI, seria a concordância por parte da instituição em assumir o custo do diagnóstico energético, mesmo diante da incerteza de existência de alto potencial de economia de energia.

Mais um exemplo, seria a necessidade de obter autorização de descarte de equipamentos. Essa ação também poderia compor o conjunto de práticas presentes no nível 1 de maturidade do CMMI, no caso de Instituições que decidem pela implementação de projetos de eficiência energética, através do PEE, promovido por concessionárias de energia elétrica.

Mais uma vez, aplicar o CMMI para avaliação de edifícios hospitalares a fim de identificar o nível de maturidade de tais Instituições, em especial, de hospitais públicos, torna-se uma ação prudente e muito interessante. Dessa forma é possível avaliar se a Instituição em questão apresenta condições mínimas necessárias para a realização da principal etapa de um projeto de eficiência energética, a etapa de Diagnóstico energético.

Ou seja, em casos onde se manifesta o interesse em contratar os serviços de uma ESCO para implementação de um projeto de *retrofit* energético em um determinado hospital, seria possível verificar o nível de maturidade da unidade para a implementação de tal projeto. Através da adoção do CMMI seria possível prever a viabilidade de contratação da empresa para a realização da etapa de Diagnóstico energético.

Essa etapa de adoção do CMMI antes da implementação de determinadas ações é importante, pois funciona como uma ferramenta de visualização do que se pode esperar quanto ao sucesso de desempenho das Organizações. Dessa forma é possível, não somente evitar surpresas desagradáveis, como também, conscientizá-las da necessidade ou não de mudanças culturais que permitam o avanço de seu nível de maturidade, para um patamar correspondente, adequado para a realização dos projetos de interesse.

Além disso, as práticas do CMMI podem continuar sendo adotadas, não somente para a realização de diagnóstico de maturidade, mas de direcionamento voltado para o crescimento e melhoria contínua na prestação dos serviços. Ou seja, o CMMI funciona como uma ferramenta de autoconhecimento da própria Organização, com vista para o aprimoramento da qualidade de seus serviços.

Os benefícios dessas ações poderão impactar nos resultados das análises voltadas para os fatores limitantes de desenvolvimento e manutenção da realização de ações de eficiência energética de instituições, em especial, de hospitais públicos. Como foi relatado nos capítulos anteriores, a incerteza quanto aos riscos financeiros e à real redução de consumo de energia elétrica fazem parte das principais barreiras para a implementação de um projeto dessa qualidade.

Com base nas pesquisas realizadas, foi possível chegar à conclusão, que, dentre os principais fatores limitantes para a obtenção dos benefícios gerados pela redução do consumo de energia elétrica está também a ausência de conhecimento de sua importância. Por não se ter clareza das vantagens dessa redução, nem acesso a informações de comprovação técnica, principalmente quando são necessários altos investimentos iniciais, tal cenário é identificado como uma significativa limitação inicial.

De todo modo, independente do modelo de maturidade aplicado, é preciso que um conjunto de práticas ou pré-requisitos sejam atendidos para que qualquer instituição seja avaliada e classificada de acordo com cada nível de maturidade. Em geral, os modelos precisam do máximo de informações pertinentes para que uma análise completa seja realizada e um fiel diagnóstico seja produzido.

Em suma, o CMMI é um exemplo de modelo que pode diagnosticar o nível de desenvolvimento da arquitetura de processos e da estrutura relacional humana diante do interesse em implementar um projeto de gestão de processos mais complexo. Junto a essa realidade, a metodologia de *retrofit* energético de hospitais proposta, pode ser considerada como uma metodologia que necessita de um ambiente institucional com altos níveis de maturidade. Sendo assim, o CMMI pode ser utilizado como modelo de diagnóstico de nível de maturidade na etapa inicial da metodologia proposta. Dessa forma, ambas as diretrizes se complementam em alguns aspectos e se interseccionam em outros.

Esse capítulo buscou mostrar, além das vantagens de se adotar um modelo de maturidade, objetivou também, destacar a importância de uma Instituição adquirir autoconhecimento, a fim de entender melhor em quais tipos de projetos pode trabalhar, adquirir ou implementar.

Capítulo 4

Metodologia Proposta

A revisão da literatura focada no tema de gestão energética de hospitais apresentou uma série de barreiras relacionadas ao *retrofit* de edifícios hospitalares. Nesse cenário, esta seção propõe uma metodologia de gestão energética de instalações hospitalares com a finalidade de orientar à seleção de medidas de *retrofit* e facilitar sua implementação.

A estratégia proposta inclui:

- um diagrama de fluxo de processos genérico contendo as cinco principais etapas de um projeto de *retrofit* de edifícios hospitalares;
- um fluxograma sistemático geral, que detalha o fluxo do processo incluindo etapas de tomada de decisão;
- um subfluxograma, voltado para a tomada de decisão financeira;
- um subfluxograma, voltado para a tomada de decisão de seleção e priorização das melhores ações de eficiência energética, do ponto de vista técnico e econômico;
- duas tabelas diferenciadoras para ações de eficiência energética, separando-as em ações primárias e ações complementares.

Esses esquemas fazem parte de uma única solução que aborda principalmente as barreiras técnicas, culturais, financeiras, políticas, estruturais e de desinformação relacionadas à efficientização energética de edifícios hospitalares.

4.1 Processo genérico de *retrofit* energético de edifícios hospitalares

Com base na revisão da literatura, cinco etapas foram consideradas como pontos-chave para superar as barreiras ao *retrofit* energético de hospitais: Medidas preliminares, Diagnóstico energético, Planejamento, Implementação e Validação e verificação. Essas etapas são apresentadas no diagrama de fluxo do processo representado na figura 4.1



Figura 4.1: As cinco fases principais em um projeto de retrofit de um hospital
Autoria Própria.

Além disso, com base nessas cinco etapas principais, foi desenvolvida a abordagem sistemática apresentada na figura 4.2. Este fluxograma consiste em um guia de decisão sobre continuar ou recuar com o projeto.

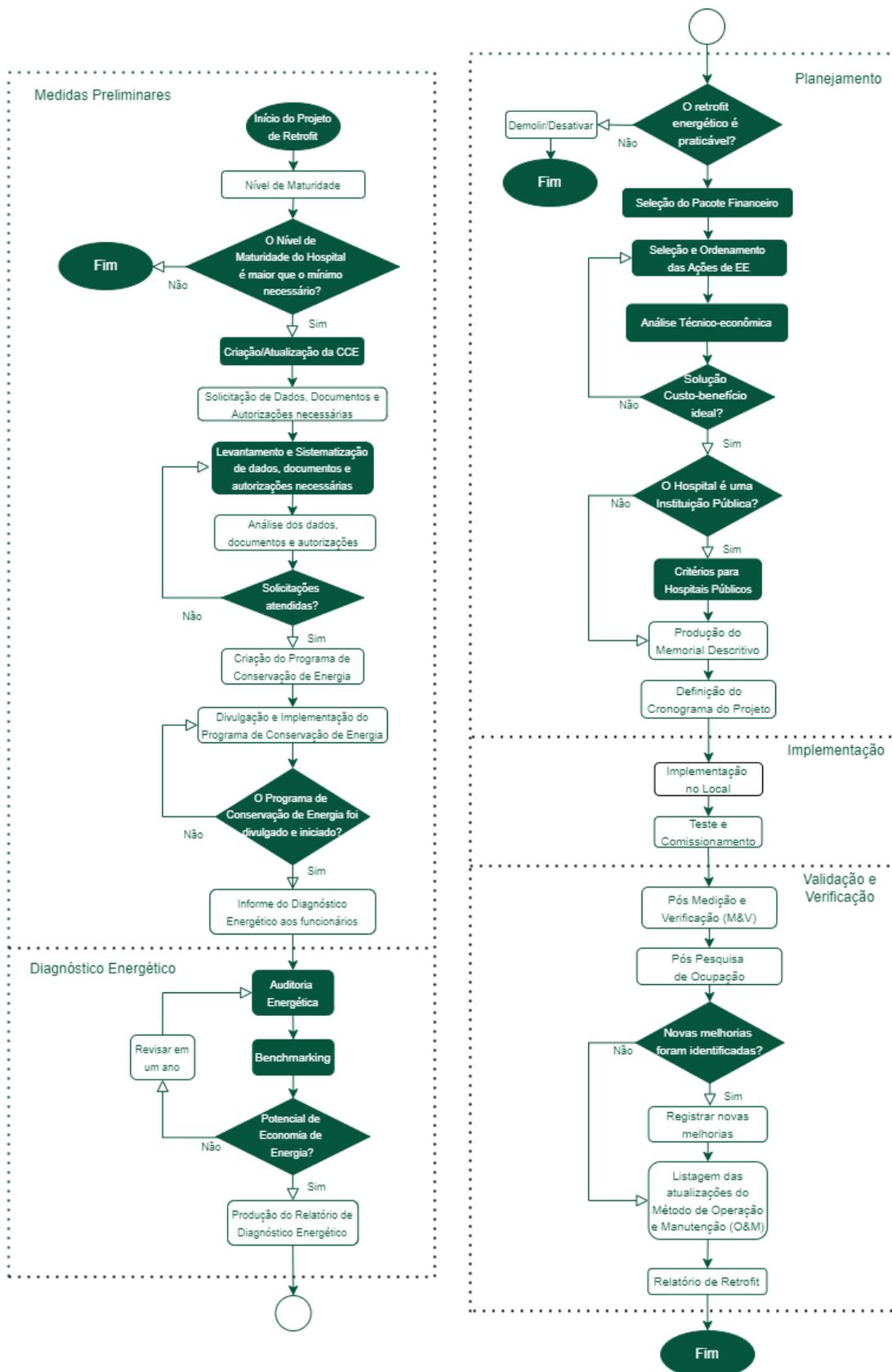


Figura 4.2: Fluxograma da metodologia proposta
 Autoria Própria.

A primeira etapa é denominada de Medidas Preliminares, visando objetivamente diagnosticar o nível de preparação que o hospital apresenta, mas também, permitindo a estruturação do mesmo para a implementação de um projeto de eficiência energética. O nível de maturidade mínimo necessário deve assegurar que requisitos essenciais voltados para questões mais estruturais, administrativas, relacionais e burocráticas, sejam atendidos pela Instituição para o prosseguimento dos passos seguintes .

Obtido o nível de maturidade apresentado pelo hospital de forma a refletir condições favoráveis para seguir em frente com o projeto de *retrofit* energético, serão solicitados, pela ESCO, os dados, documentos e todas as autorizações necessárias à implantação do projeto de eficiência energética das instalações do hospital. Ainda nessa etapa será necessária a formação de uma Comissão de Conservação de Energia – CCE, antes mesmo de se tomar qualquer iniciativa ou ação visando à economia de energia. É conveniente que essa comissão seja constituída tanto por representantes das diversas unidades do hospital, quanto por especialistas e engenheiros ligados ao próprio hospital ou a uma ESCO. A forma de operacionalização da CCE também deve ser definida.

Os participantes dessa comissão ficarão responsáveis pela implementação e acompanhamento das ações de eficiência energética, além do cumprimento das normas de segurança das instalações elétricas do hospital e dos regulamentos de segurança e privacidade dos pacientes. A CCE ficará responsável pela requisição da documentação necessária à realização do *retrofit*, pela definição das áreas de abrangência, pela solicitação das autorizações de acesso e pela solicitação de informe ao corpo de funcionários.

Agora como parte da CCE, a ESCO de posse de todas as informações necessárias à implantação do projeto, dará continuidade à sua análise. A Alta Administração terá então um maior embasamento para as metas e objetivos que precisarão ser anunciadas através do Programa de Conservação de Energia. Com a criação e Divulgação desse Programa será possível promover a conscientização e motivação de todos os envolvidos com o hospital, tanto o público quanto o quadro funcional sobre o projeto de eficiência energética. É indispensável que fique clara a integração de tal programa à política administrativa do hospital. Essa exigência visa impedir que ações sejam implementadas de forma isolada, evitando que seus resultados percam o efeito ao longo do tempo.

O programa de conservação de energia deve contar também com os esforços dos funcionários do hospital e prever iniciativas, mesmo que desafiadoras, como mudanças culturais, caso sejam necessárias. Resumindo, nessa etapa, deve-se garantir requisitos e ferramentas para o gerenciamento dos sistemas energéticos e para o comprometimento do corpo

funcional que utiliza a edificação.

A segunda etapa é o Diagnóstico energético, que visa identificar a capacidade do edifício em economizar energia. Inclui realização de auditorias energéticas, *benchmarking* e desenvolvimento de um relatório de desempenho do edifício. A auditoria energética é uma etapa crucial de qualquer projeto de *retrofit*. Essa etapa consiste na análise de dados de energia e perfis de usuários. Assim, pode fornecer uma avaliação sistemática das áreas de desperdício de energia, como a energia é usada e onde pode ser usada de forma mais eficiente [60].

Nesta etapa, é importante lembrar que, como os hospitais fazem uso de dispositivos médicos específicos e possuem requisitos de segurança distintos, as instalações hospitalares são um dos setores mais complexos para a realização de auditorias energéticas. Por isso é feita a recomendação de contratação de auditores especialistas que serão aptos a: promover a análise da documentação fornecida pelo hospital, definir os equipamentos de medição necessários, realizar visita técnica para o levantamento de dados, definir o perfil de uso de energia, avaliar o desempenho energético do hospital, calcular indicadores energéticos e estimar o valor do investimento financeiro e do *payback* [30].

Durante o *benchmarking*, espera-se entender como o desempenho de um determinado edifício se compara a outros similares. Essa ação fornecerá uma soma de informações básicas e ajudará a identificar oportunidades de atualização. O *benchmarking* de desempenho energético fornece informações essenciais por meio da comparação dos valores de indicadores energéticos estatísticos com os indicadores energéticos calculados, permite formular planos de gestão de energia. Por meio do *benchmarking* de desempenho energético é possível organizar os indicadores por sistema, gerar gráficos e identificar oportunidades para melhorar o desempenho [30]. Segundo [32], existem dois indicadores mais utilizados internacionalmente para *benchmarking* em hospitais:

- Consumo anual de energia por metro quadrado de área construída do hospital;
- Consumo anual de energia por leito de internação no hospital.

Ao adotar esses indicadores, é importante considerar as características construtivas do hospital. Outro ponto de atenção nos *benchmarks* é o nível de terceirização dos serviços hospitalares. Por exemplo, alguns hospitais terceirizam suas atividades de alimentação e lavanderia, o que leva à redução do consumo pelo próprio hospital e leva a uma linha de base mais baixa [61].

Portanto, independentemente das metas específicas do projeto, o *benchmarking* é necessário para determinar a linha de base e avaliar as ações mais promissoras. É um grande passo para estabelecer metas juntamente com uma análise mais abrangente da edificação durante sua auditoria energética. Por fim, após a realização de auditorias energéticas e *benchmarks*, deve ser desenvolvido um relatório de desempenho energético, informando se o edifício tem potencial de economia de energia para avançar ou não para a próxima etapa. Caso a edificação não tenha potencial de economia de energia, o diagnóstico energético deve ser revisto em um ano, conforme ilustrado na figura 4.2.

O acompanhamento do consumo por centros de custo utilizando por exemplo, analisadores de energia é essencial para entender melhor os circuitos elétricos, definir campos de interesse e avaliar oportunidades de ação com agilidade e rápido planejamento. Nesse sentido, tanto as perdas quanto o perfil de uso de energia são variáveis necessárias para avaliar os sistemas de um edifício [30]. Em geral, algumas questões críticas devem ser respondidas para dar continuidade a um programa de eficiência energética [16]:

1. Quanta energia está sendo consumida?
2. Quem está consumindo energia?
3. Como a energia está sendo consumida e qual a eficiência dos sistemas prediais?

A terceira etapa é chamada de fase de planejamento. Nesta etapa, os dados coletados devem ser organizados e analisados; e uma avaliação e diagnóstico mais aprofundado do desempenho do edifício são considerados fatores decisivos. Aqui, a avaliação de desempenho pode ser feita por meio de simulações, sendo essencial para avaliar os fatores ambientais e econômicos do ciclo de vida que definirão se é melhor reformar, desativar ou demolir e reconstruir o edifício, conforme ilustrado na figura 4.2. Como as opções de *retrofit* têm custos econômicos do ciclo de vida mais baixos do que a reconstrução, esta última opção pode ser considerada apenas em situações críticas, em que o retrofit não é praticável [62].

Depois de decidir continuar com o projeto de eficiência energética do hospital, é hora de estabelecer um escopo bem definido para que o plano do projeto seja funcional. Assim, esta etapa inclui a definição da linha de base, indicadores e ferramentas de avaliação a serem consideradas durante e após o *retrofit*. Além disso, inclui a seleção de um determinado nível de retrofit, se será um nível econômico, padrão ou sofisticado.

Nesse sentido, o subfluxograma apresentado na figura 4.3 foi desenvolvido para ilustrar com mais detalhes a etapa “Seleção do plano financeiro de retrofit” presente na etapa de planejamento. Este excerto visa orientar a escolha por um retrofit que se enquadre nos limites financeiros. Observa-se que para selecionar um plano viável, também é necessário definir os limites de gastos do projeto e deve-se considerar as opções de financiamento e parceria disponíveis. A delimitação do nível de retrofit com base em aspectos financeiros restringe as possíveis medidas de retrofit, tornando essa decisão mais simples.

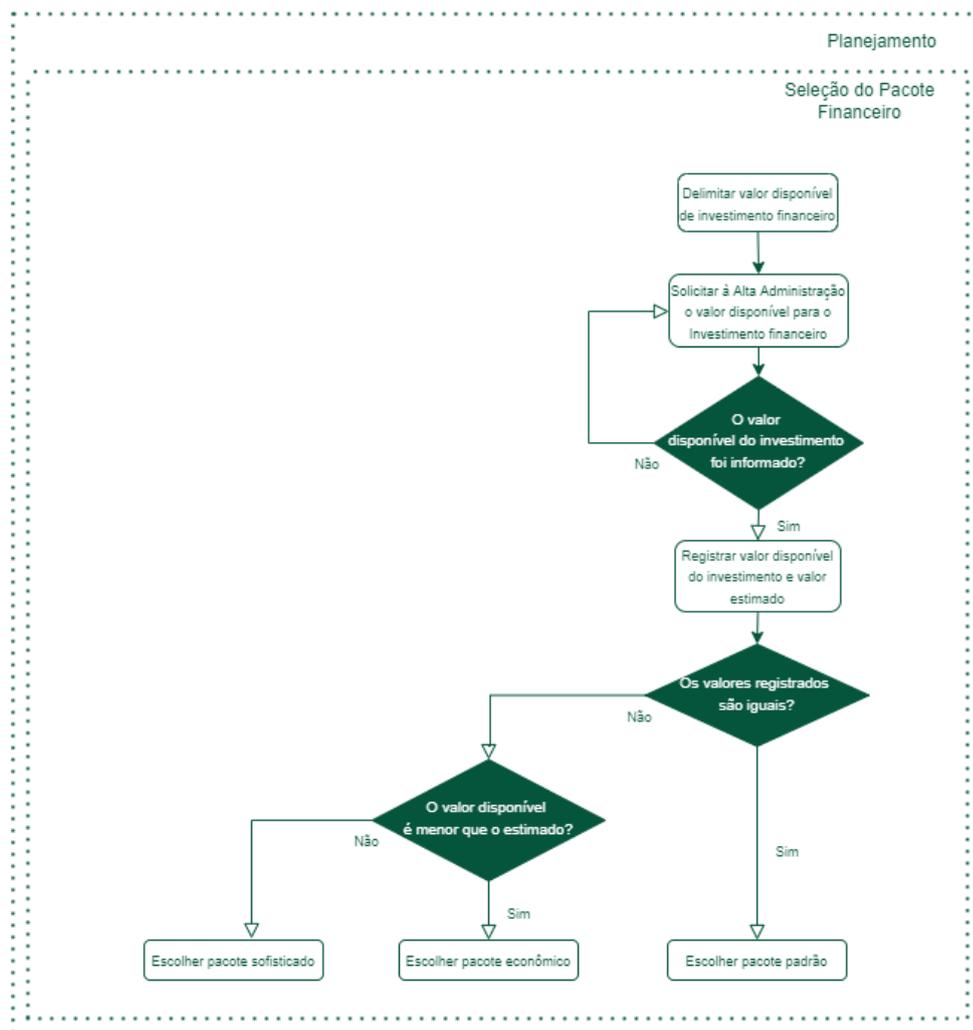


Figura 4.3: Escolha do Pacote Financeiro

Autoria Própria.

Em casos de baixo orçamento, o projeto é restrito a um *retrofit* econômico e pode incluir apenas medidas de operação e manutenção (O&M) ou ações de emergência baratas. Se o orçamento permitir mais do que esses tipos de ações, o projeto pode compreender um nível padrão, no qual medidas mais avançadas estejam disponíveis. Por último, se o edifício apresentar múltiplas oportunidades de *retrofit* e um alto capital disponível,

um projeto sofisticado pode ser considerado. Nesse caso, medidas como a instalação de sistemas fotovoltaicos e de cogeração podem ser incluídas [32].

Nessa etapa é preciso que o orçamento seja descrito, assim como o valor de investimento para a análise de riscos de investimentos e fluxo de caixa. Desse modo, após a seleção do plano financeiro, será possível a seleção justa das medidas de eficiência energética. Nesse sentido, a análise econômica e de risco são decisivas na implementação do projeto de *retrofit* ou recuo. Economicamente, há uma variedade de métodos que podem ser usados para avaliar a viabilidade de cada ação de efficientização energética, como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), relação custo-benefício (RCB) e tempo de retorno (*payback*).

Da mesma forma, como o *retrofit* energético de hospitais está sujeito a muitos fatores de incerteza, a análise de risco fornece aos tomadores de decisão um nível de confiança suficiente para selecionar e determinar as melhores soluções de *retrofit*. Incertezas na estimativa de economia, medições de uso de energia, previsão do tempo, mudanças nos padrões de consumo de energia e degradação do desempenho do sistema devem ser avaliadas para decidir se a solução apresentada é a melhor para o projeto ou não. Portanto, para avançar para a etapa de implementação, a análise deve transmitir a melhor alternativa de custo-benefício.

Finalmente, a etapa de planejamento termina com a produção do memorial descritivo e o delineamento do cronograma do projeto, um cronograma que descreve as datas de vencimento e os marcos que devem ser cumpridos para que o projeto seja concluído no prazo. Nesse sentido, como o cronograma do projeto depende da escolha das medidas de *retrofit*, é necessário um guia mais abrangente para essa decisão que será detalhado na seção seguinte. Mas para os casos em que o Hospital for uma Instituição Pública, alguns critérios que serão melhor detalhados no próximo capítulo, deverão ser analisados antes do delineamento do cronograma do projeto. Após cumpridos os critérios necessários aos hospitais públicos, segue-se com o cronograma e posterior implementação do projeto.

É importante afirmar que a complexidade das ações de *retrofit* energético não termina com sua seleção. A implementação dessas ações é um desafio adicional, principalmente para hospitais e outros estabelecimentos de saúde. Portanto, a maioria desses desafios pode ser prevista ainda na fase de planejamento. Esses edifícios apresentam características únicas, como operação contínua, requisitos de segurança do paciente, esterilização e protocolos de limpeza [63].

Para garantir o bem-estar dos pacientes e da equipe, o processo de efficientização

energética dos hospitais deve apresentar um mínimo impacto aos pacientes e à equipe de funcionários e garantir eletricidade e operação constantes de todos os sistemas hospitalares críticos. Nesse sentido, é importante verificar previamente o uso dos equipamentos nos controles prediais.

De acordo com [31], os hospitais devem ser cuidadosamente zoneados para fornecer isolamento e espaços pressurizados negativamente para minimizar o risco de transmissão de qualquer doença infecciosa. Assim, o projeto de *retrofit* deve considerar medidas de agendamento, como controle de poeira, remoção de pacientes e uso de antecâmaras com pressão negativa. Além disso, o planejamento do cronograma de *retrofit* energético com a equipe de enfermagem e direção do hospital é necessário para coordenar a operação do hospital e a implementação do projeto.

Além disso, é fundamental garantir que qualquer pessoa que trabalhe no local do projeto de *retrofit*, especialmente em quartos de internação ou outras áreas sensíveis, esteja saudável e atenda a todos os requisitos médicos para trabalhar naquele espaço. Portanto, um planejamento cuidadoso deve considerar a verificação dos códigos hospitalares, a verificação dos regulamentos de segurança em saúde e a programação de interrupções na operação do hospital para implementar as medidas de *retrofit* [63].

A quarta etapa é quando as ações de eficiência dos sistemas energéticos selecionadas são implementadas no local. Nesta fase, são realizados testes e comissionamento para garantir a eficiência energética ideal do edifício.

Já a etapa final consiste em validar e verificar a economia de energia. Uma vez que as medidas de *retrofit* são implementadas e bem ajustadas, os métodos de medição e verificação (M&V) devem monitorar o desempenho do sistema de energia [64].

Nessa etapa, é realizado um levantamento pós-ocupação para entender se os ocupantes e proprietários do edifício estão satisfeitos com o resultado geral da implantação. Além disso, o resultado do *retrofit* e os métodos de O&M devem ser especificados em um relatório para demonstrar os parâmetros de eficiência da edificação e avaliar possíveis melhorias.

4.2 Classificação das Ações de Eficiência Energética

Assumindo que cada ação principal de eficiência afeta as subsequentes, esta seção destaca a importância de seguir um critério na escolha das ações de *retrofit* energético a

serem implementadas em um edifício. De acordo com [30], a abordagem de *retrofit* por etapas visa melhorar os sistemas construtivos respeitando uma ordem, na qual a influência de um sistema reflete no outro, trata-se de uma estratégia adequada para a implementação integrada e coordenada das medidas a uma visão global do edifício.

Por exemplo, como consequência da primeira atualização dos sistemas de iluminação, a carga térmica muda e afetando o dimensionamento dos sistemas de refrigeração. Da mesma forma, essa redução no consumo de energia também pode afetar o dimensionamento do sistema fotovoltaico do edifício.

Diante disso, este artigo propõe uma metodologia para a seleção e ordenamento adequado das ações de eficiência energética em hospitais. Para isso, foram desenvolvidas duas tabelas diferentes de ações importantes de efficientização energética. Estas tabelas distinguem as ações que promovem a redução direta do consumo de energia (medidas primárias) daquelas que dependem do histórico de consumo do edifício (medidas complementares).

Para cada quadro de ações, primárias e complementares, existe também uma ordem de prioridade entre as diferentes ações. Portanto, cada medida de *retrofit* inclui alterações que afetarão as subsequentes. A razão convincente para a diferenciação entre essas duas listas de ações reside na prevenção do superdimensionamento dos sistemas de geração de energia, evitando investimentos desnecessários e priorizando ações imediatas para reduzir os custos de energia elétrica.

Assim, uma vez que o fator financeiro é reconhecido como uma das principais barreiras em projetos de *retrofit*, a metodologia proposta visa reduzir os gastos relacionados evitando ações irrestritas [23]. Respeitando as prioridades definidas, espera-se que o edifício atinja a sua maior economia energética.

As ações de *retrofit* selecionadas para ilustrar as medidas de *retrofit* primárias e complementares em hospitais foram relacionadas aos seguintes sistemas: cargas auxiliares, iluminação, sistemas HVAC, sistemas de bombeamento de fluxo, aquecimento de água, sistemas de geração de energia, análise de conta de luz e qualidade de energia.

É importante destacar que o critério utilizado para selecionar as ações de cada tabela foi a análise técnica em relação à eficiência energética de aparelhos e equipamentos elétricos e eletrônicos, de forma a propor sistemas energeticamente mais eficientes disponíveis no mercado. Lembrando que o programa de O&M, onde práticas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva são periodicamente implementadas, deve ser adequadamente atualizado de modo a manter o desempenho e os benefícios do *retrofit* [30].

É importante destacar que é reconhecido que os altos avanços tecnológicos nas últimas décadas atingiram diversos setores, impactando inclusive na diversidade de opções para redução do consumo de energia elétrica e medidas de *retrofit*. Assim, o mesmo conjunto de soluções de *retrofit* pode ser fornecido de forma mais moderna e sofisticada.

Por exemplo, a substituição de luminárias incandescentes por lâmpadas LED pode levar um sistema de detecção de presença acoplado, agregando mais sofisticação ao sistema [31]. Além disso, conforme identificado durante a revisão da literatura, um dos agravantes para o sucesso dos projetos de *retrofit* é a dificuldade no processo decisório e a má seleção das ações de eficiência energética [23].

Conforme mencionado anteriormente, a determinação de um nível de *retrofit* com base em aspectos econômicos restringe as possíveis ações de eficiência energética. No entanto, além de fatores financeiros, a seleção das ações também pode considerar aspectos técnicos [65]. A este respeito, o fluxograma representado na figura 4.4 apresenta como priorizar e ordenar as medidas primárias e complementares de eficiência energética durante o cronograma do projeto.

O processo começa com uma ampla seleção de medidas de *retrofit* com base em aspectos econômicos. Em seguida, entra em um *pipeline* que restringe as opções de acordo com as características do edifício. Primeiramente, analisa-se se a edificação já foi contemplada com alguma ação complementar, como a geração fotovoltaica.

Se positivo, as ações primárias de retrofit devem ser priorizadas, visando garantir o melhor desempenho dos sistemas prediais. Essa redução de consumo pode levar à necessidade de redimensionamento dos sistemas antes de prosseguir com as medidas selecionadas.

Por outro lado, caso a edificação não tenha uma medida complementar implementada, é necessário avaliar se algumas dessas medidas foram selecionadas. Se positivo, a implementação de ações primárias selecionadas deve vir em primeiro lugar. Consequentemente, para analisar técnica e economicamente as medidas complementares, é preciso considerar que as medidas primárias serão implementadas antecipadamente. Com o ordenamento da implementação das ações, é possível produzir um cronograma de implementação mais eficiente. As subseções a seguir ilustram o impacto dessas medidas.

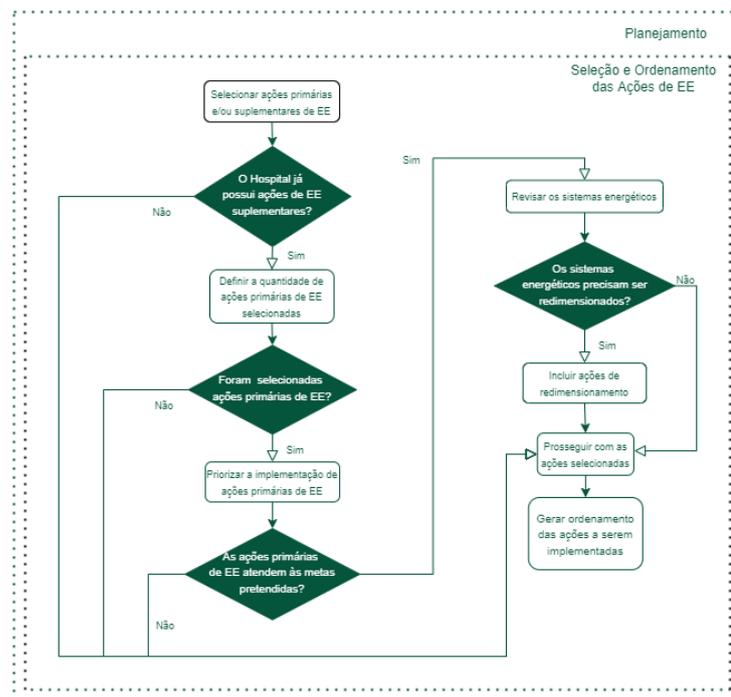


Figura 4.4: Seleção e Ordenamento das Ações de eficiência Energética
 Autoria Própria.

4.2.1 Ações Primárias de Eficiência Energética

A partir de [16], [30], [31] e [32], observou-se que existem muitas medidas de eficiência possíveis de serem implementadas em um projeto de retrofit de um hospital. Daí, foram destacadas as medidas mais relevantes para os sistemas energéticos hospitalares, tanto com perfil de uso final quanto de geração.

A tabela 4.1 traz algumas ações individuais de efficientização energética, diretamente relacionadas à redução do consumo de energia em hospitais. Algumas dessas medidas podem afetar o sistema de energia de mais de um hospital. Assim, a tabela desenvolvida ajuda a visualizar a possibilidade de implementação simultânea de algumas medidas imediatas de *retrofit*.

Estas medidas estão diretamente relacionadas com a implementação de tecnologias energeticamente eficientes. Aqui, é importante notar que a eficiência energética visa adiar novos upgrades energéticos, preservando o meio ambiente e mudando os padrões de consumo de eletricidade das pessoas e instituições.

Também procura desenvolver tecnologia, introduzir no mercado aparelhos energeticamente eficientes e promover a racionalização energética. Nesse sentido, o planejamento cuidadoso dos projetos é essencial para promover a eficiência energética bem-sucedida e

Tabela 4.1: Ações de Eficiência Energética Primárias

Ações Técnicas Primárias	Zonas de Oportunidades de Eficientização Energética			
	Iluminação	HVAC	Bombeamento de Água	Cargas Auxiliares
Substituição por Lâmpadas de LED	X			
Filtros de Ar		X	X	
Motores de Alta Eficiência		X	X	X
Dispositivos de Velocidade Variável (VSDs)		X	X	
Controles de Qualidade do Ar Interno e Ventilação		X	X	
Envelopamento	X	X		
Sensores de Ocupação	X		X	
Correção do Fator de Potência		X		X
Aproveitamento da Luz do Dia	X			
Sistemas de Distribuição de Ar VAV		X		

apresentar resultados duradouros.

Por exemplo, equipamentos médicos e de escritório representam uma parte significativa do uso final de energia de um edifício hospitalar. Outros exemplos são os eletrodomésticos de lavanderia e cozinha do hospital. Uma medida direta para reduzir as cargas excessivas desses dispositivos é substituí-los por equivalentes de alta eficiência.

Portanto, é prudente reduzir essas cargas em excesso antes de tornar-se os sistemas HVAC mais eficientes ou tomar qualquer outra medida avançada. Isso ilustra como o respeito a uma ordem de prioridades para a implementação de ações de *retrofit* energético pode contribuir significativamente para o sucesso do projeto.

4.2.2 Ações Complementares de Eficiência Energética

Depois de implementar as medidas de eficiência que minimizam ao máximo o desperdício de energia, é possível implementar ações de *retrofit* que dependem fundamentalmente do histórico de consumo de eletricidade.

A tabela 4.2 resume algumas dessas medidas. Da mesma forma que a tabela 4.1, a tabela 4.2 relaciona as medidas de eficiência especificadas no eixo vertical com as zonas de oportunidade de eficiência energética, definidas no eixo horizontal, afetadas por essas medidas.

Tabela 4.2: Ações de Eficiência Energética Complementares

Ações Técnicas Suplementares	Zonas de Oportunidade de Eficientização Energética		
	Sistemas de Fonte de Energia	Análise de Dados de Contas de Energia Elétrica	Qualidade de Energia
Ajuste do Valor de Demanda Contratada		X	
Usina Solar	X		X
Cogeração	X		
Banco de Capacitores			X

Sendo assim, esse capítulo buscou apresentar, de forma clara e direta, o sequencia-

mento das tarefas e as principais condições necessárias a serem cumpridas, durante as cinco principais fases de implementação de um projeto de efficientização energética em hospitais. Além disso, buscou driblar algumas barreiras, propondo um caminho de realizar o projeto de economia de energia elétrica, segundo o valor de investimento financeiro disponível, obedecendo a uma ordem de prioridade de ações de *retrofit* com embasamento técnico, começando por medidas que evitam o sobredimensionamento de sistemas energéticos.

Capítulo 5

Metodologia Proposta Aplicada

Neste capítulo, a metodologia proposta será representada por um conjunto de processos mapeados pela plataforma Bizagi Modeler versão 3.9.0.015. Esse *software* utiliza a notação BPMN para criar e documentar etapas de processos. Além disso, algumas etapas da metodologia representada serão separadas para fins de simulação, onde alguns cenários serão analisados.

Com a implantação do modelo BPM em Hospitais, torna-se possível experimentar as vantagens da gestão empresarial no nicho de prestação de serviços de saúde, seja no setor privado ou público. No Bizagi, as atividades são passos dentro do processo, que representam o trabalho realizado por uma determinada organização, e, por se tratar de trabalho, consomem recursos, tais como, tempo e recursos financeiros.

Com respeito às vantagens de gestão, possibilitadas pela plataforma do Bizagi, será possível reconhecer, portanto, gargalos, no qual se deseja reduzir desperdícios de tempo, conseqüentemente, de recursos financeiros, através das simulações apresentadas mais adiante. Explicitar atividades de um determinado processo geral permite, não só, sua otimização, como também sua inovação.

Por meio da visualização clara das fases e seus respectivos detalhamentos, torna-se possível compreender melhor as etapas, identificar com mais precisão as oportunidades de melhoria de processos e, conseqüentemente, aumentar a eficiência organizacional, um dos principais focos desse trabalho.

O diagrama estático do processo geral da metodologia proposta foi traduzido para a plataforma do Bizagi Modeler e será apresentado no presente capítulo através de diagramas, cuja estratégia inclui:

- Um diagrama, que detalha o fluxo do processo geral incluindo etapas de tomada de decisão, denominado “Fluxograma Proposto”;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão de diagnóstico do Nível de Maturidade da Instituição ou Organização;
- Um subdiagrama voltado para o processo de criação ou atualização da Comissão de Conservação de Energia-CCE;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão de levantamento e sistematização de dados, documentos e autorizações necessárias à implementação do projeto de *retrofit* energético;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão para realização de auditoria energética;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão de realização de *Benchmarking*;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão de seleção e priorização das melhores ações de eficiência energética, do ponto de vista técnico e econômico;
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão financeira;
- Um subdiagrama voltado para o processo de análise Técnico-econômica e
- Um subdiagrama voltado para a tomada de decisão de critérios a serem atendidos por hospitais públicos.

Mais uma vez, esses esquemas fazem parte de uma única solução, cujo intuito visa driblar as mesmas barreiras culturais, políticas, técnicas, financeiras, estruturais e de desinformação relacionadas à efficientização energética de edifícios hospitalares. O objetivo da criação de um número maior de subdiagramas nesse capítulo se deve ao objetivo de apresentar mais claramente o sequenciamento das tarefas citadas dentro das cinco principais etapas de um projeto de efficientização energética de edifícios hospitalares.

Os subdiagramas são traduzidos em subprocessos no bizagi, de modo que, por definição, oferecem a possibilidade de diagramar hierarquicamente um fluxo de processo. O “Fluxograma Proposto” apresentado no Apêndice A contém as cinco principais etapas de um projeto de *retrofit* energético de edifícios hospitalares.

A primeira fase para a implementação de projeto de gestão energética de instalações elétricas hospitalares, traduzida para o Bizagi Modeler, é *Medidas Preliminares*, no qual

está ilustrada na figura 5.1. Nesse bloco as tarefas foram ordenadas de maneira que, caso o nível de maturidade diagnosticado, seja inferior ao nível mínimo necessário, o andamento do processo é impreterivelmente finalizado. A razão para tal rigor está na comprovação prévia da incapacidade da Instituição de executar alguma tarefa essencial à realização de tal projeto.

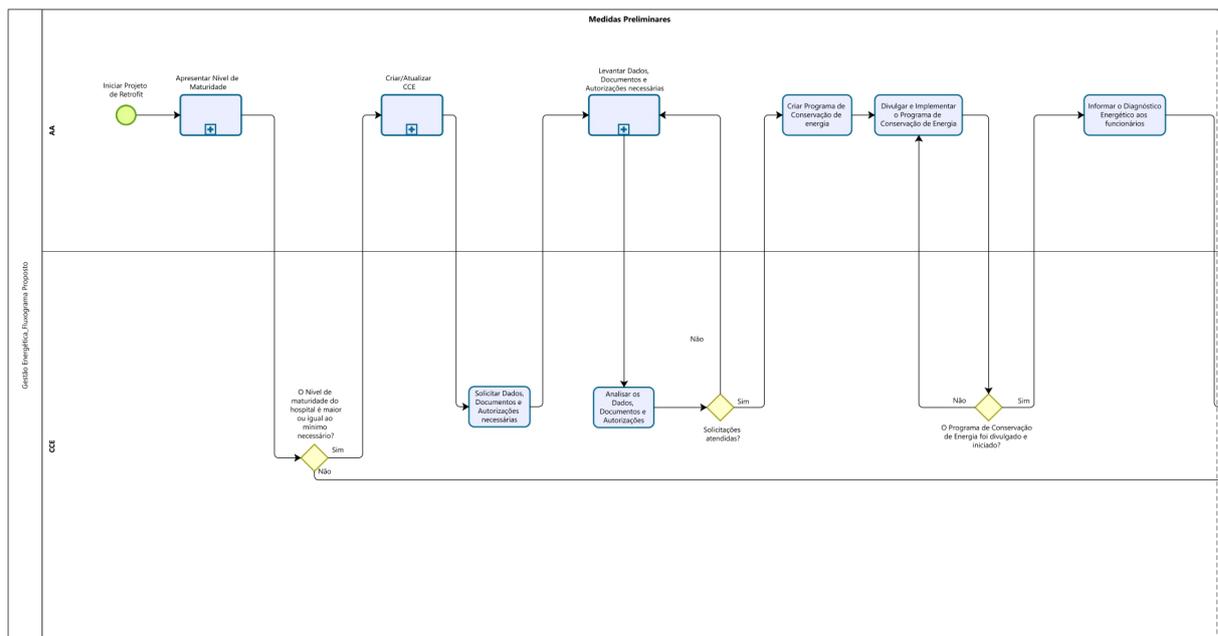


Figura 5.1: Subdiagrama Etapa de Medidas Preliminares
Autoria Própria.

A figura 5.2 ilustra o subprocesso de diagnóstico do nível de maturidade, denominado “Diagnosticar o Nível de Maturidade”, onde as principais tarefas estão conformemente sequenciadas. É importante salientar que, no geral, as entidades a se relacionarem durante todo o processo de gestão energética são a alta administração, representada pela sigla AA e a Comissão de Conservação de Energia, representada pela sigla CCE. Entretanto, um dos destaques do subprocesso “Diagnosticar o Nível de Maturidade” se deu pela interação entre o grupo da Alta Administração com profissionais que, não necessariamente, fazem parte do corpo de funcionários do próprio hospital, mas que tenham a expertise para a realização do diagnóstico de maturidade. Tais profissionais foram representados no diagrama por “Consultoria”.

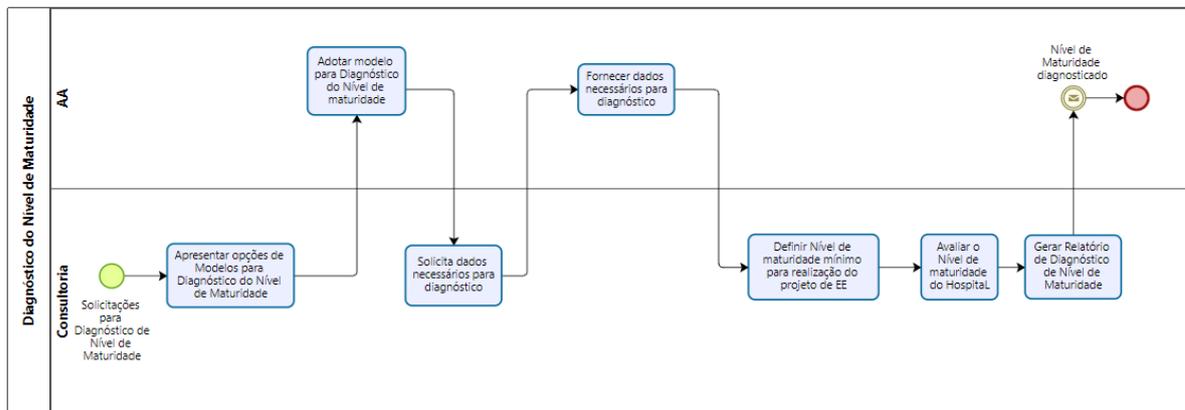


Figura 5.2: Subdiagrama Diagnóstico do Nível de Maturidade Autoria Própria.

Sequencialmente, seguindo o fluxo do “caminho feliz” de execução do processo, chegue-se ao subprocesso “Criar Comissão de Conservação de energia”. Esse é um dos processos mais relevantes para o sucesso do projeto de retrofit, visto que, após a troca de informações como quais serão as áreas de abrangência, quais os benefícios esperados e os custos estimados, deve-se definir um grupo especial. Esse grupo deve ser composto não só por pessoas com *knowhow* técnico, como a ESCO contratada, mas também pelas principais autoridades e representantes de determinadas áreas do hospital, cujo trabalho agregado é crucial para a implementação do projeto de eficiência energética.

Além disso, nessa mesma etapa deve ser definida a forma de operacionalização da CCE principalmente para os casos de hospitais públicos. Tal exigência se dá pela necessidade de definição de valores orçamentários que permitam a implantação mais rápida de ações de eficiência energética com os consequentes retornos econômicos, devido ao fato da comum indisposição de recursos ou dotação orçamentária para tal propósito.

A figura 5.3 ilustra o subprocesso denominado “Levantar e Sistematizar Dados, Documentos e Autorizações necessárias”. Nesse subprocesso estão sequenciadas as tarefas de cunho técnico, mas também as que dependem da permissão de autoridades da Alta Administração ou ligadas a ela, para serem cumpridas ou liberadas. A passagem por esse subprocesso deve garantir que as informações essenciais para a implementação do projeto de eficiência energética sejam conhecidas por todos os componentes da Comissão de Conservação de Energia - CCE.

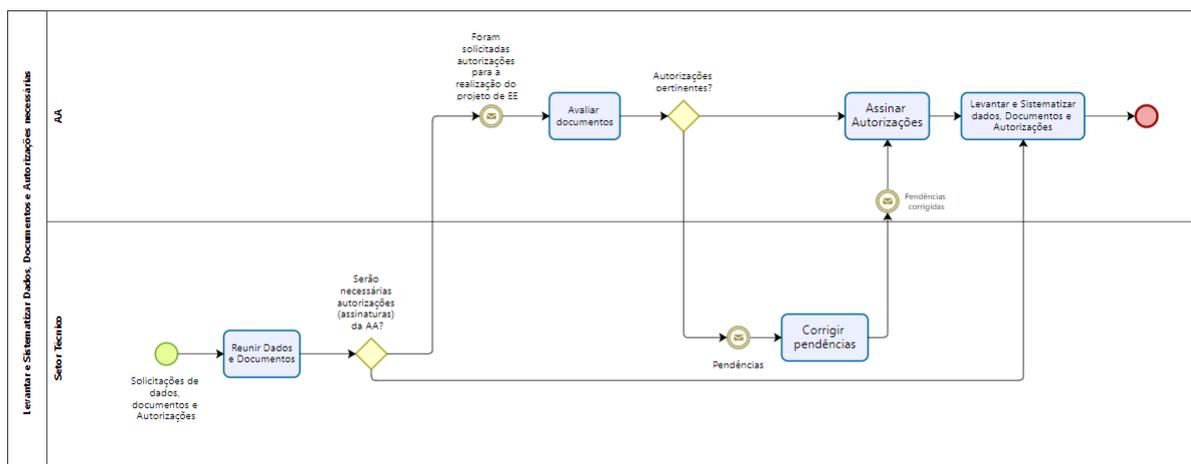


Figura 5.3: Subdiagrama Levantar Dados, Documentos e Autorizações Autoria Própria.

Após a análise dos dados, documentos e autorizações necessárias para a implementação do projeto de retrofit, são verificadas se as solicitações foram atendidas, do contrário, um novo levantamento é feito, até que não haja mais intercorrências. Seguindo o “caminho feliz” parte-se para a tarefa de “Criar um Programa de Conservação de Energia”, o que agora é possível, visto que na etapa de criação da CCE foram discutidas algumas expectativas fundamentarão propostas do referido programa. Com a implementação do Programa de Conservação de Energia, os funcionários já estarão mais familiarizados com as vantagens do projeto de retrofit, um estado propício para seguir com a tarefa de “Informar o Diagnóstico Energético aos funcionários”.

Dada a criação da CCE torna-se possível a execução da segunda fase principal para a implementação de projeto de retrofit em hospitais, a fase de “Diagnóstico Energético”, ilustrada pela 5.4. O processo de Diagnóstico energético foi o excerto escolhido para a produção de simulações e análises de diferentes cenários no Bizagi Modeler. Para uma análise com o menor número de interferências possíveis, a etapa de Diagnóstico energético foi transcrita e simulada de forma isolada do processo geral do fluxograma proposto.

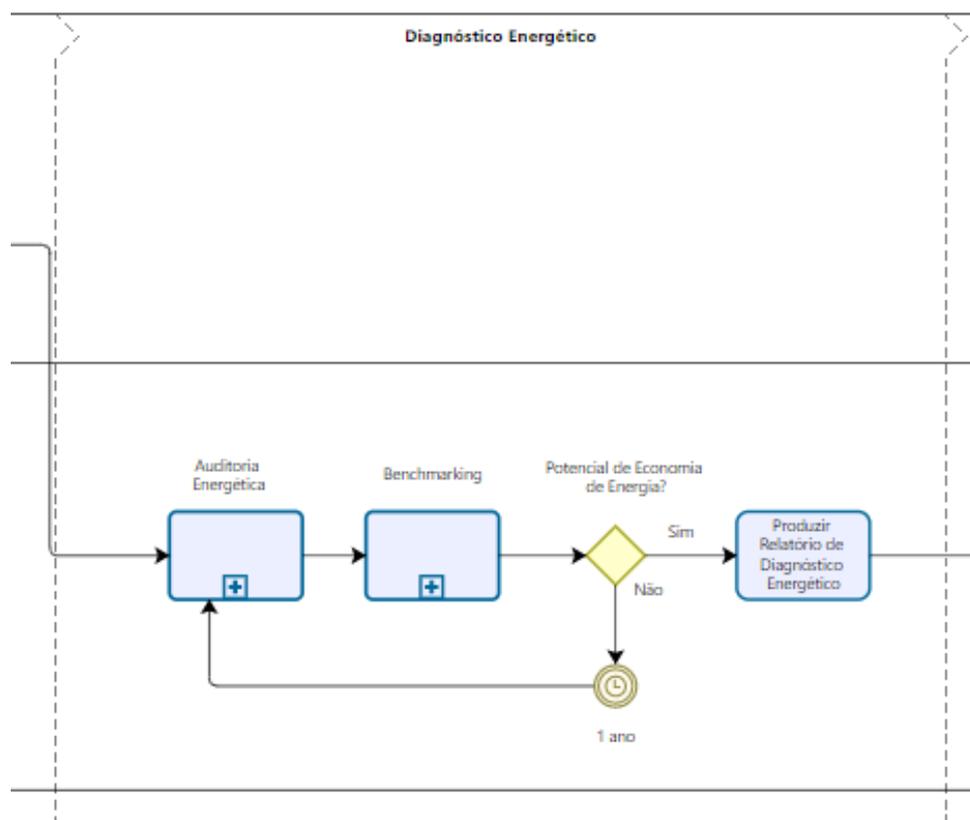


Figura 5.4: Subdiagrama Etapa de Diagnóstico Energético
Autoria Própria.

Aparentemente parece ser uma etapa curta, mas como é composta por dois importantíssimos subprocessos, os mesmos comprovam que essa fase demanda tempo e esforços significativos. Essa fase tem como produto final a produção do Relatório de Diagnóstico Energético, um documento essencial para dar direcionamento às etapas e fases seguintes. Nele estão indicadas e descritas todas as oportunidades de economia de energia identificadas, referentes às áreas de abrangência delimitadas na etapa de Criação da CCE.

A figura 5.5 ilustra o subprocesso “Auditoria Energética”, que evidencia uma maior quantidade de tarefas que devem ser cumpridas na fase de “Diagnóstico Energético”. Nesse subprocesso a ESCO, um dos membros da CCE, representa o grupo de pessoas mais ativo da referida comissão. Nessa etapa, dois dos diversos produtos gerados são considerados como resultados principais, são eles, o desempenho energético do hospital, representado por indicador(es) energético(s) e o valor de investimento financeiro estimado.

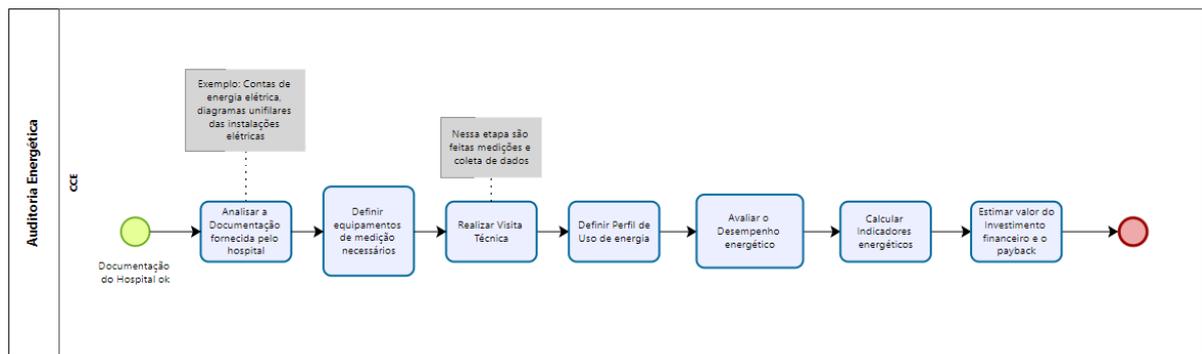


Figura 5.5: Subdiagrama Auditoria Energética
 Autoria Própria.

No subprocesso denominado “*Benchmarking*” foram definidas tarefas com foco em análise gráfica que permitem a leitura e comparação de importantes métricas envolvidas em projetos de eficiência energética, como por exemplo, os indicadores energéticos. A figura 5.6 ilustra o subprocesso “*Benchmarking*” que compara indicadores energéticos antes do retrofit, com indicadores energéticos estatísticos, além da definição da Linha de base do projeto.

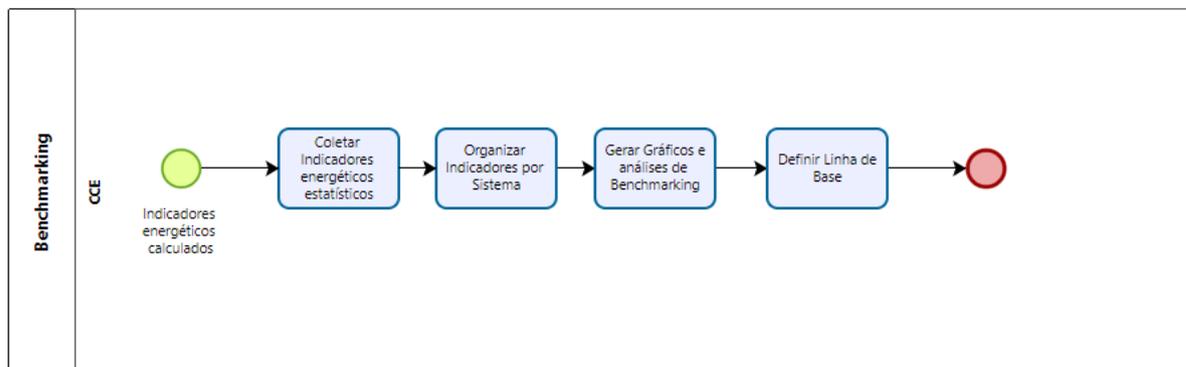


Figura 5.6: Subdiagrama *Benchmarking*
 Autoria Própria.

Estrategicamente, o Relatório de Diagnóstico Energético precisa ser produzido após o “*Benchmarking*” para que as melhores práticas para a redução de custos e consumo de energia elétrica identificadas e registradas nas análises produzidas nessa etapa, também sejam incorporadas ao documento.

Finalizada a produção do Relatório de Diagnóstico Energético, dá-se início à fase de “Planejamento” do projeto. A etapa de Planejamento, ilustrada na figura 5.7, consiste em uma fase de validação de muitas informações antes estimadas. Nessa etapa será possível

verificar quais dos benefícios esperados poderão ou não ser alcançados.

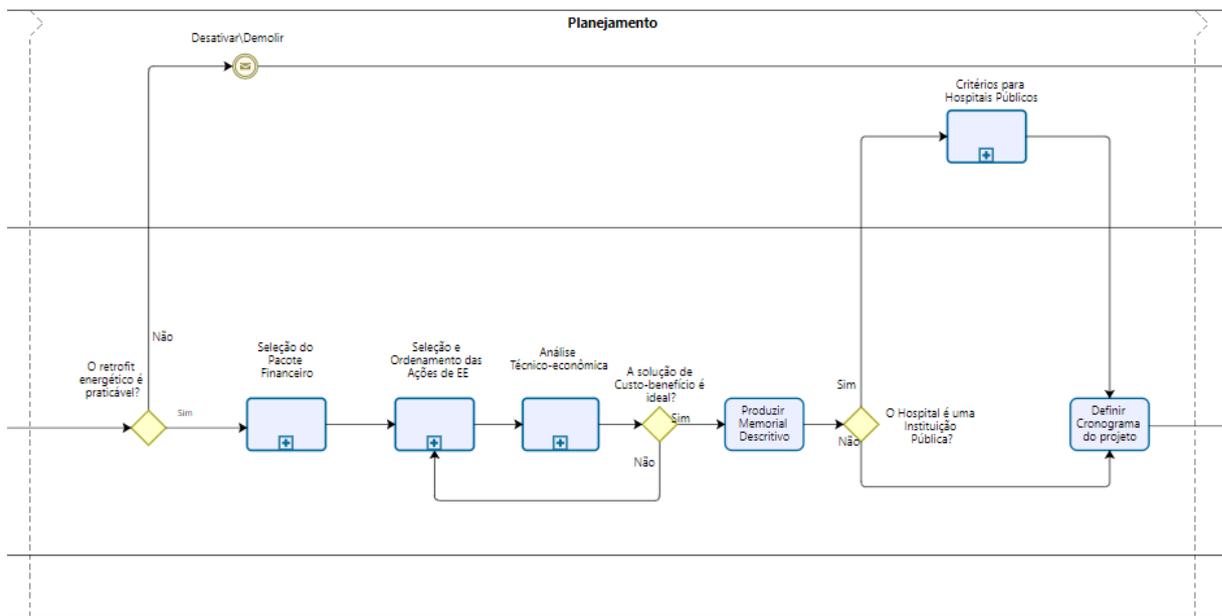


Figura 5.7: Subdiagrama Etapa de Planejamento

Autoria Própria.

O subprocesso “Seleção do Pacote financeiro”, ilustrado pela figura 5.7, presente na etapa de Planejamento, visa chegar a um veredito final do valor financeiro disponível para a implementação do projeto de retrofit. Tal valor refletirá diretamente no subprocesso de “Seleção e Ordenamento das Ações de Eficiência energética”, ilustrado pela figura 5.7. Além disso, ainda nessa etapa, muitas expectativas serão confirmadas ou não, segundo o resultado das análises feitas no subprocesso de “Análise Técnico-econômica”, ilustrado na figura 5.7 e documentadas no Memorial Descritivo.

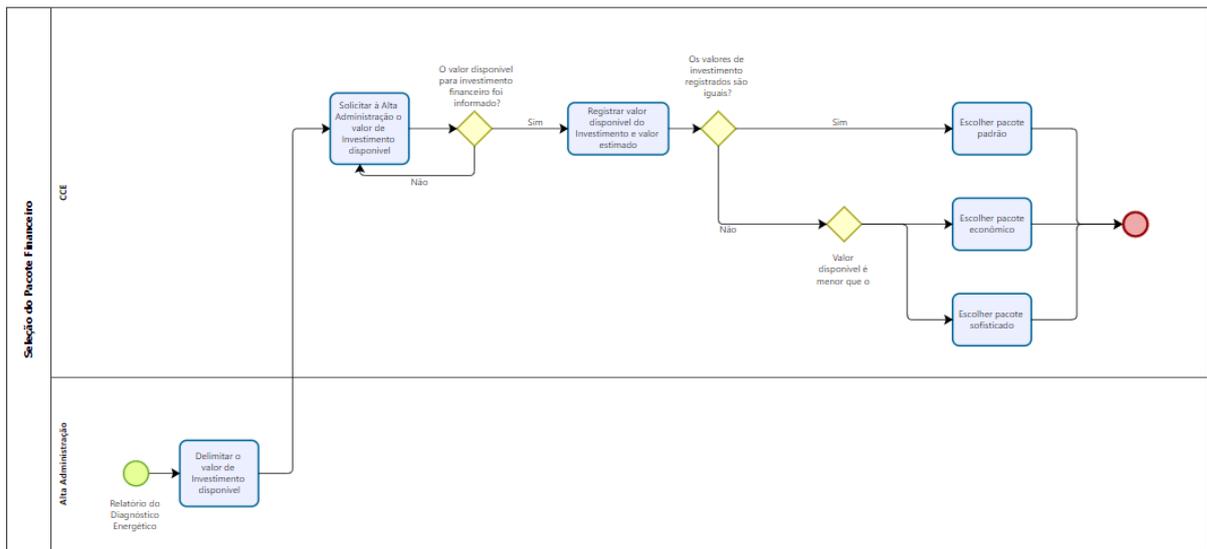


Figura 5.8: Subdiagrama Seleção do Pacote financeiro
 Autoria Própria.

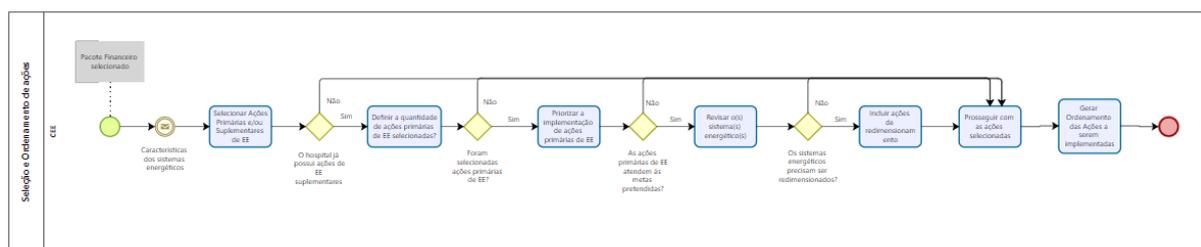


Figura 5.9: Subdiagrama Seleção e Ordenamento das Ações de Eficiência energética
 Autoria Própria.

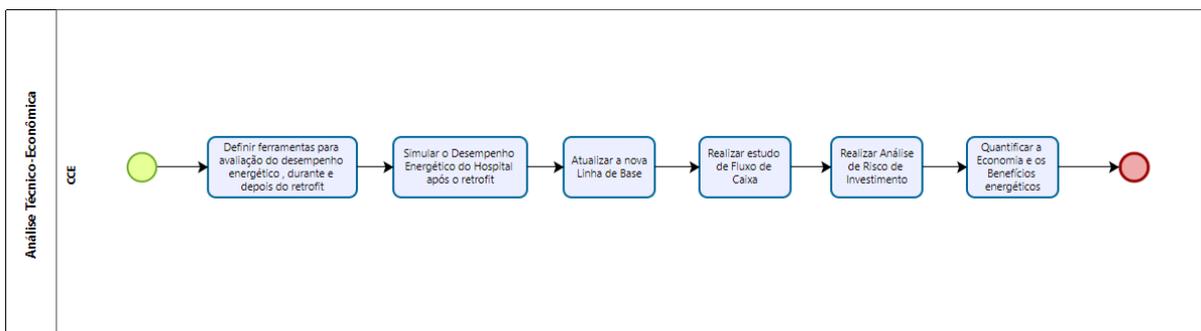


Figura 5.10: Subdiagrama Análise Técnico-econômica
 Autoria Própria.

A etapa de Planejamento também inclui tarefas específicas que precisam ser cumpridas por hospitais públicos, como as que estão presentes no subprocesso “Critérios para Hospitais Públicos”, ilustrado na figura 5.11. Esse subprocesso visa garantir que alguns

pontos e critérios importantes a serem cumpridos não venham impedir que o projeto de retrofit seja implementado em hospitais públicos.

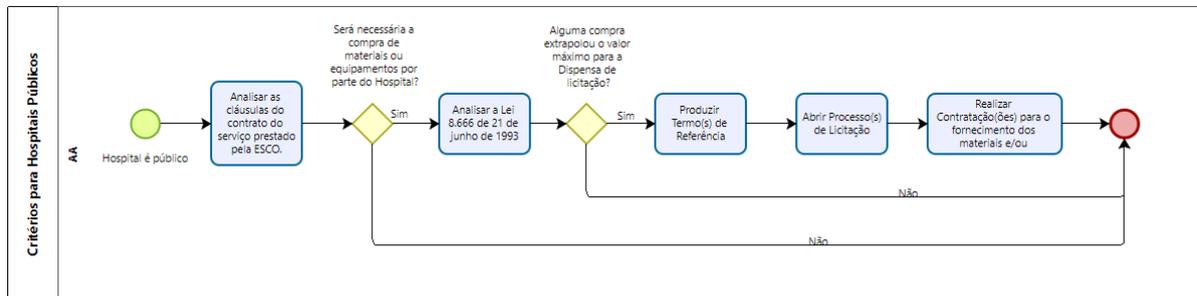


Figura 5.11: Subdiagrama Critérios para Hospitais Públicos
 Autoria Própria.

Para os casos em que equipamentos ou materiais novos precisam ser adquiridos pelo Hospital, será necessária a comparação do valor orçado com o valor máximo para a Dispensa de Licitação, garantida pela Lei 8.666 de 21 de junho de 1993. Com a produção do Cronograma do projeto é possível partir para a fase de “Implementação”, ilustrada na figura 5.12.

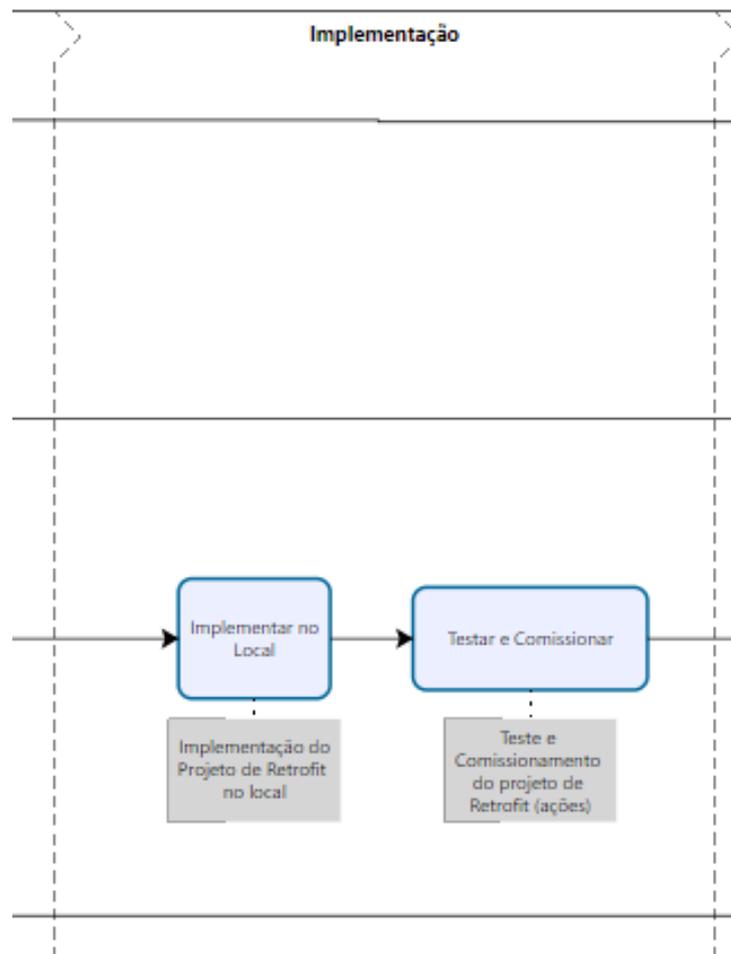


Figura 5.12: Subdiagrama Etapa de Implementação
Autoria Própria.

Voltando ao subprocesso de “Análise Técnico-econômica”, ao serem realizadas todas as tarefas nele presentes, os resultados provenientes das simulações de desempenho energético, do fluxo de caixa, do risco de investimentos e da quantificação de economia e benefícios energéticos, considerando a aplicação das ações de retrofit selecionadas, serão confrontados na etapa de Validação e Verificação, ilustrada na figura 5.13.

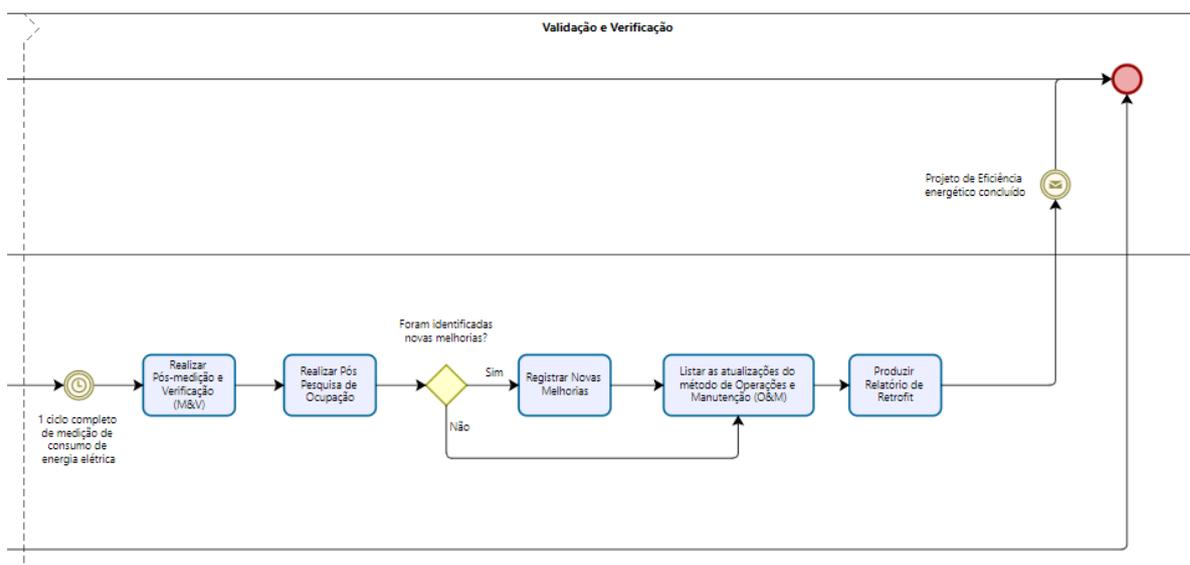


Figura 5.13: Subdiagrama Etapa de Validação e Verificação Autoria Própria.

A última etapa contém tarefas essenciais para a conclusão do paralelo entre os valores de economia resultantes das simulações com os valores reais de economia. O serviço de Medição e Verificação (M&V), presente nessa etapa, permite verificar o valor do consumo de energia elétrica e compará-lo com o valor antes do retrofit. Essa tarefa não é tão trivial, visto que certas alterações de condições, como por exemplo, alteração do perfil de uso dos equipamentos, podem ocorrer, nesse caso, ajustes devem ser aplicados de maneira adequada.

Outra consequência positiva proveniente do M&V é o aumento do financiamento para projetos de eficiência, nos casos de comprovação de redução dos custos com consumo de energia elétrica; ou seja, surte impactos diretos na gestão dos orçamentos energéticos, como exemplo financiamento ou custeio por projetos setoriais do Governo Federal ou agências de fomento.

5.1 Simulações no Bizagi Modeler

Despender tempo e dinheiro em algo, cujos efeitos são desconhecidos é um ato nada atrativo para investidores. Antes de sua aplicação no mundo real, é importante que as Organizações, em especial, os hospitais, enxerguem os impactos das ideias e das mudanças recomendadas ao se implantar um novo projeto. Para ilustrar melhor como esses impactos podem ser verificados, serão feitas simulações no Bizagi Modeler de diferentes cenários,

voltados às tarefas e etapas descritas na etapa “Diagnóstico Energético”.

A fim de eliminar a necessidade de dados de entrada que dependem de outras etapas do fluxograma proposto, a etapa de Diagnóstico energético foi reproduzida como um processo isolado do processo geral. A figura 5.14 ilustra o processo utilizado para as simulações. Outro detalhe importante a ser destacado foi que o processo de diagnóstico energético foi modelado sem a via de retrabalho, de modo que, os projetos que não apresentam potencial de economia de energia serão apenas informados por meio de mensagem à Alta Administração.

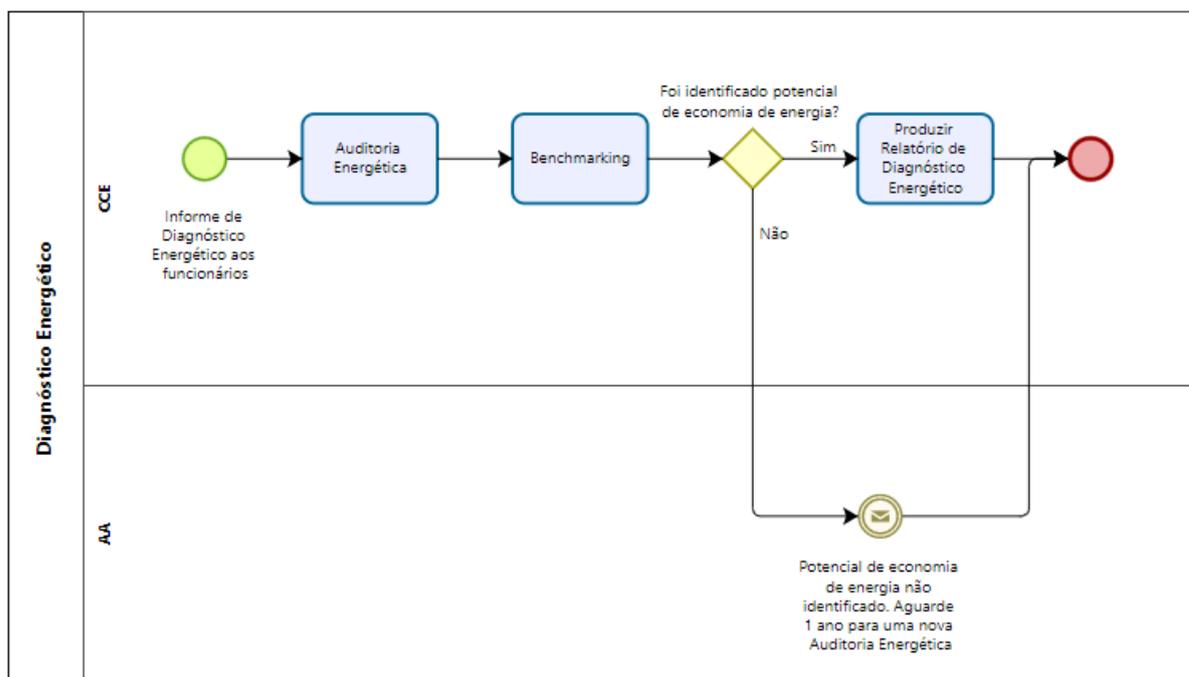


Figura 5.14: Processo de Diagnóstico Energético
 Autoria Própria.

Antes de iniciar as simulações devem ser determinados alguns parâmetros dentro de cada nível, presente na aba de “Visualização da simulação”, ilustrada pela figura 5.15.

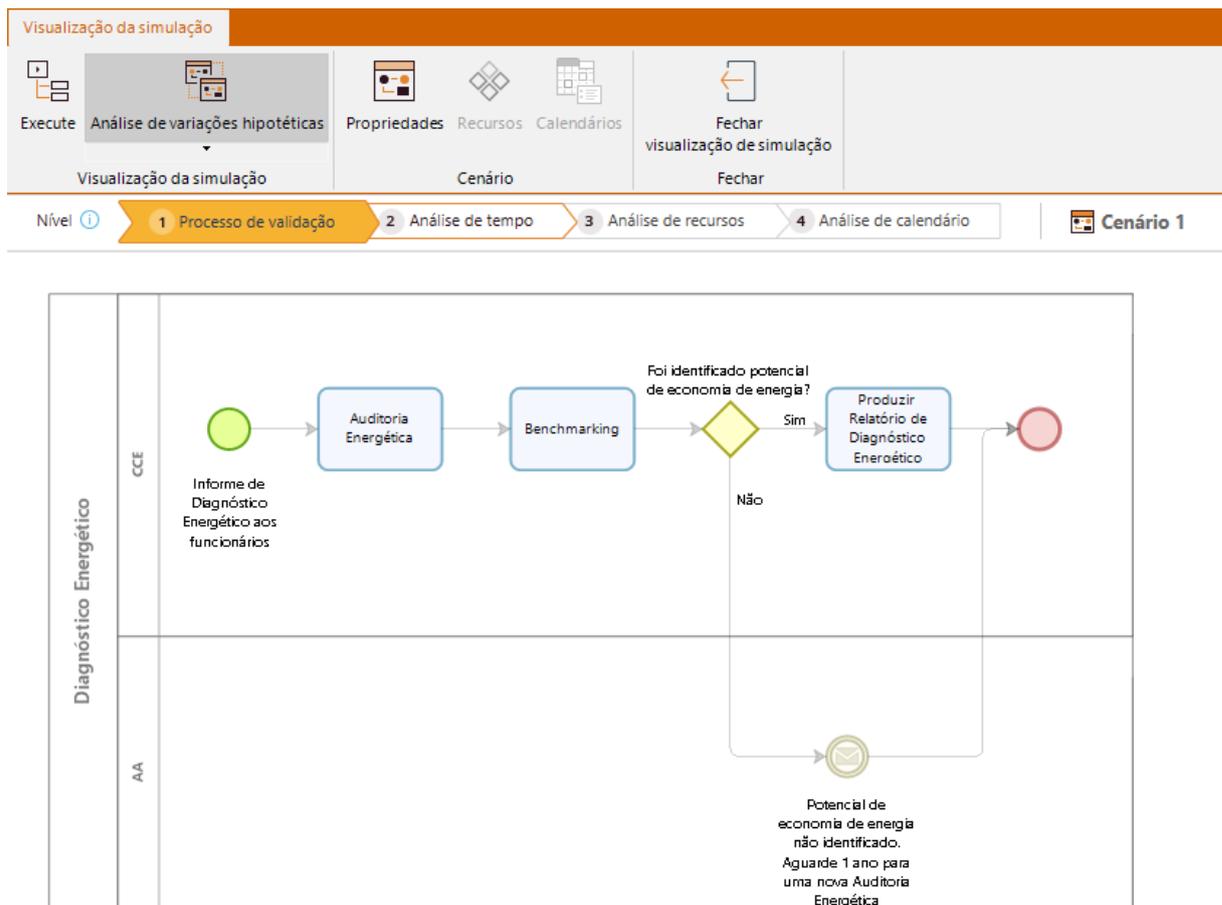


Figura 5.15: Tela de Visualização da Simulação
Autoria Própria.

Antes de dar continuidade aos próximos passos necessários à realização das simulações, é crucial destacar que os valores utilizados em cada etapa e os respectivos dados foram todos estimados, exceto o valor de "duração do diagnóstico energético". Tal razão se dá pelo fato de não haver referências bibliográficas que determinam valores padrões para a análise realizada.

Primeiramente, é preciso verificar se o processo é válido, ou seja, se o fluxo do processo funcionará como o esperado. Dessa forma, determina-se no botão de início a "máxima contagem de chegada" do evento de início. O valor de diagnósticos energéticos informados aos funcionários é o valor de máxima contagem de chegada. A figura 5.16 mostra que foi considerado um valor máximo de 5 informes de diagnóstico energético aos funcionários.

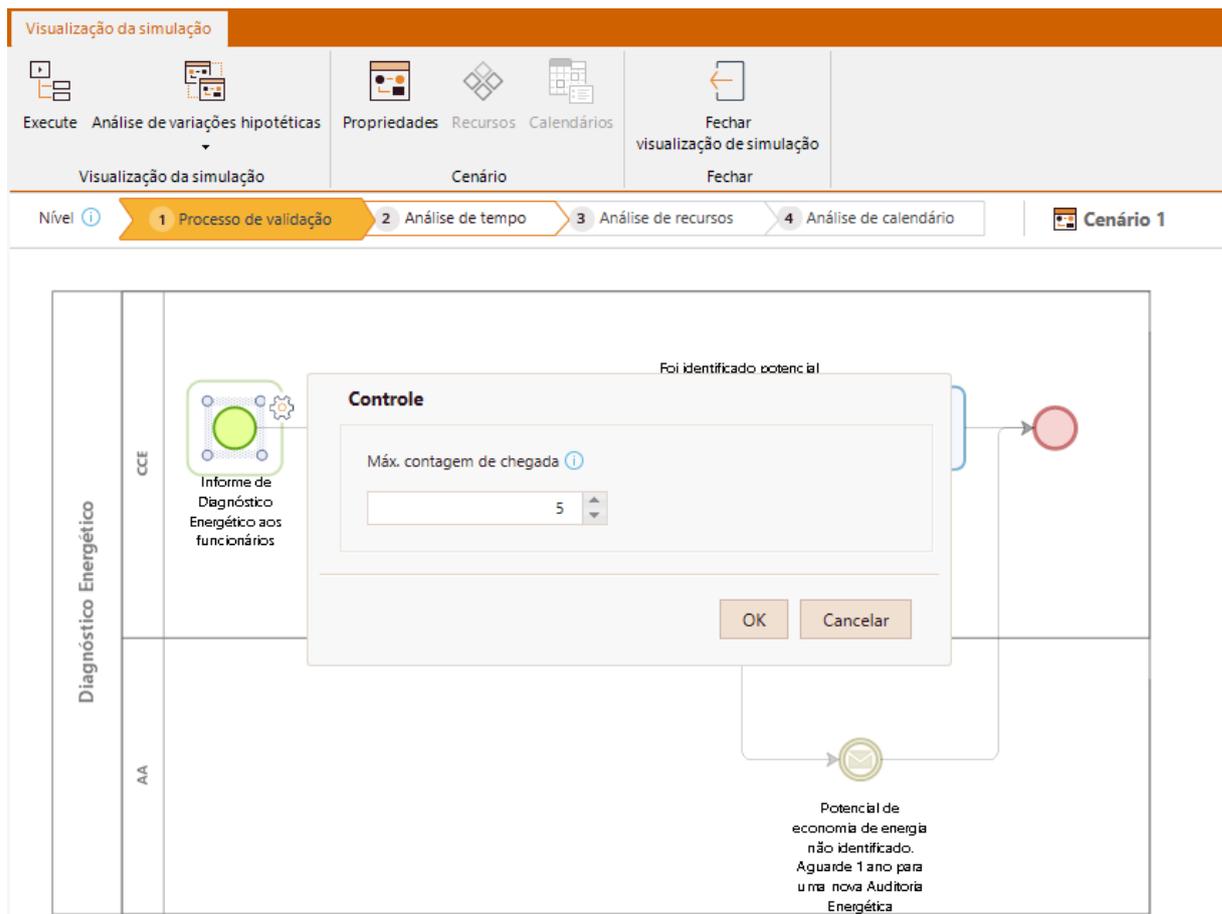


Figura 5.16: Determinação do Número de Informes de Diagnóstico Energético aos Funcionários

Autoria Própria.

Nesse mesmo nível, foram consideradas as probabilidades das rotas dos fluxos, a nível de exemplificação, ilustradas pela figura 5.17, onde 20% dos diagnósticos energéticos informados não apresentaram potencial de economia de energia e 80% apresentaram. Após essas determinações iniciais, o processo de validação é executado e a garantia de que os resultados nos níveis adicionais não serão afetados por erros de modelagem é dada pela observação do valor apresentado no botão de início e no botão de fim, que, devem ser iguais. A figura 5.18 ilustra o resultado desse primeiro passo, de modo que o número de entradas é igual ao de saída.

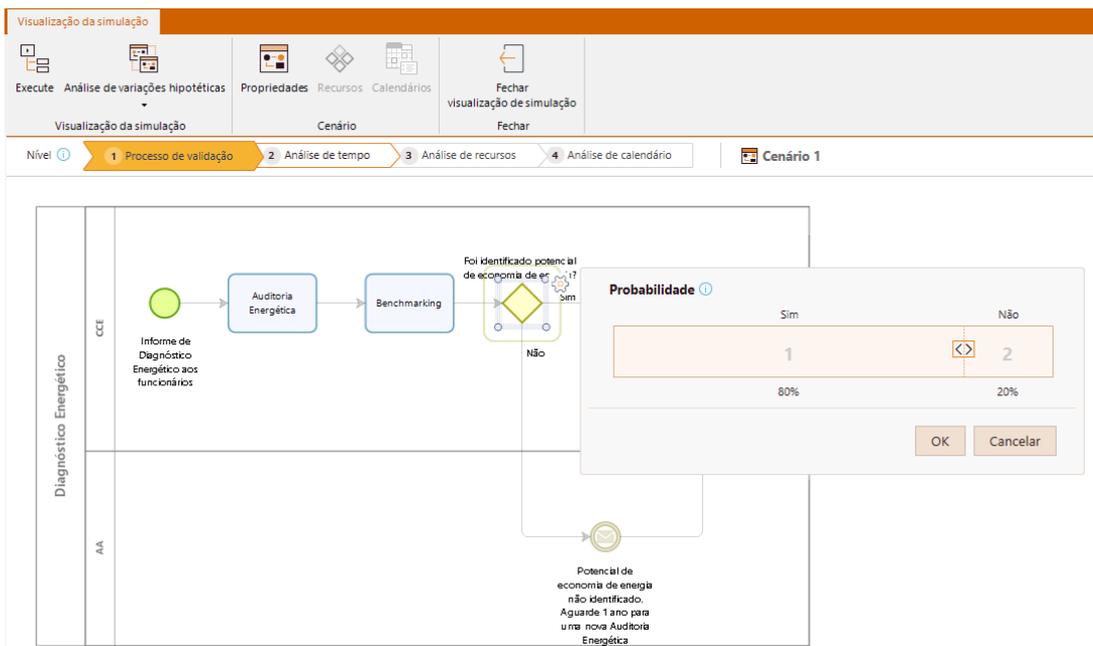


Figura 5.17: Determinação das Probabilidades das Rotas dos Fluxos Autoria Própria.

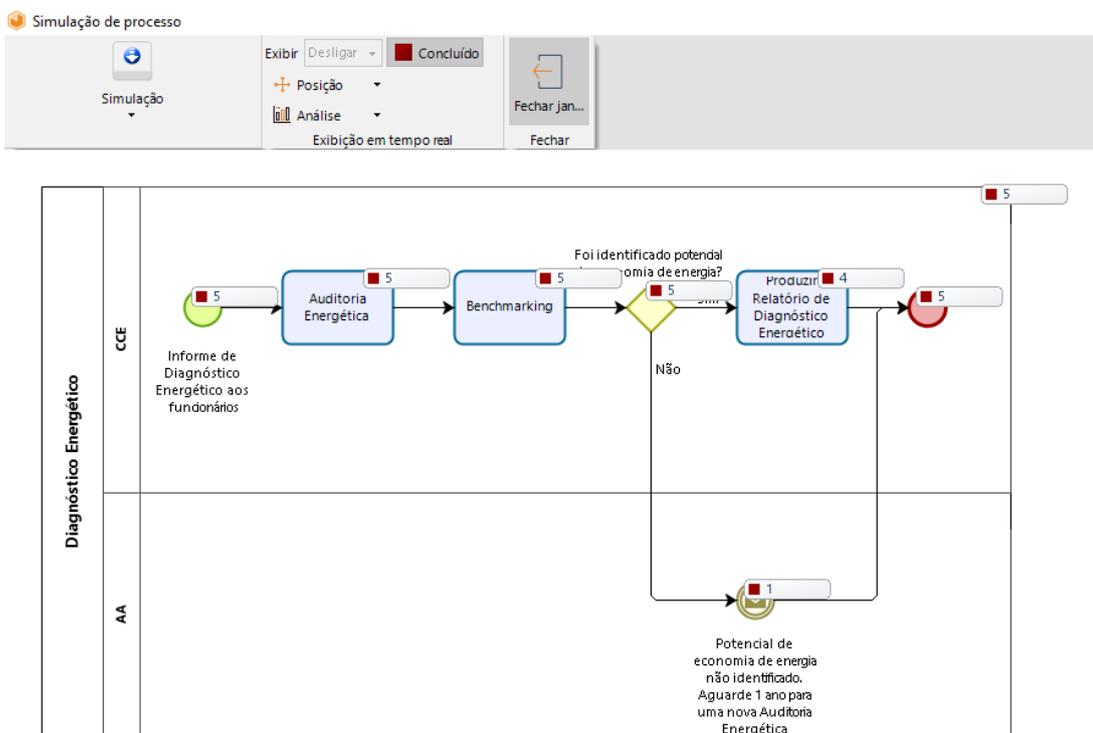


Figura 5.18: Verificação do Processo de Validação Autoria Própria.

Depois de validado o processo, segue-se para o próximo nível, a Análise de Tempo. No

nível 2 é definida, a nível de exemplificação, a frequência com que chegam os informes de diagnóstico energético e a duração das atividades. A figura 5.19 mostra que a frequência escolhida foi igual a 7200 minutos (5 dias). Já as figuras 5.20, 5.21 e 5.22 mostram a duração da tarefa de Auditoria energética (7 dias), do benchmarking (1 dias) e da produção do Relatório de Diagnóstico energético (2 dias), respectivamente.

O período estimado para a auditoria energética tem como base a faixa de duração citado em [16], onde afirma-se não ser uma tarefa trivial, visto que depende da complexidade enfrentada e do nível de exigência de cada situação. Entretanto, em [16], a variação típica citada foi de uma semana a dois meses. A análise de tempo mostra o tempo ideal de processamento sob as condições atuais.

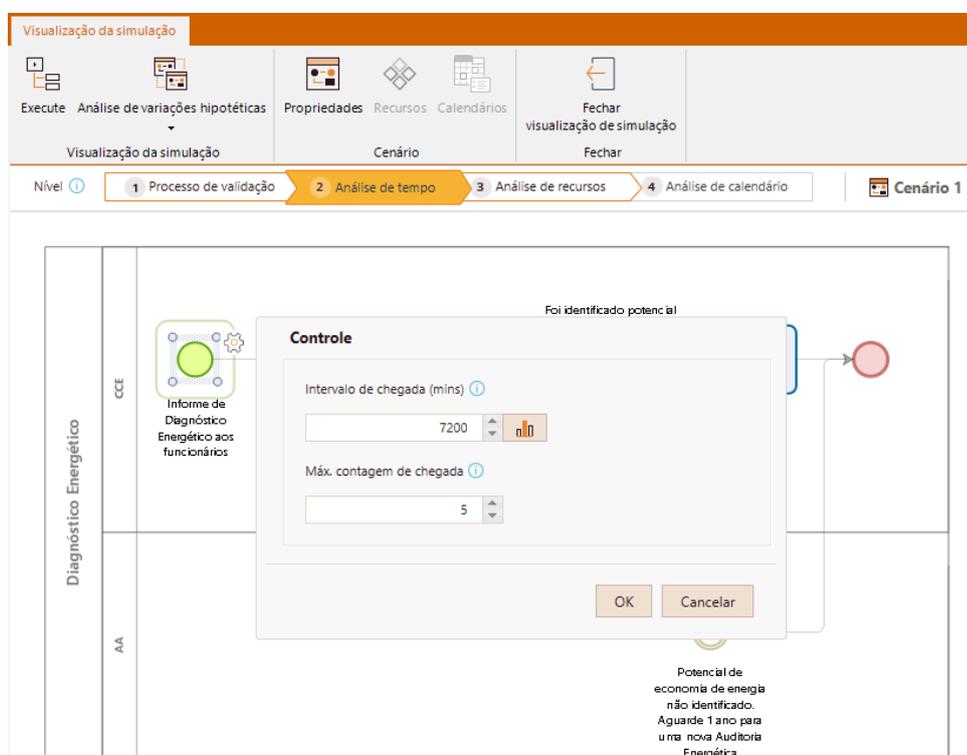


Figura 5.19: Determinação da frequência dos Informes
Autoria Própria.

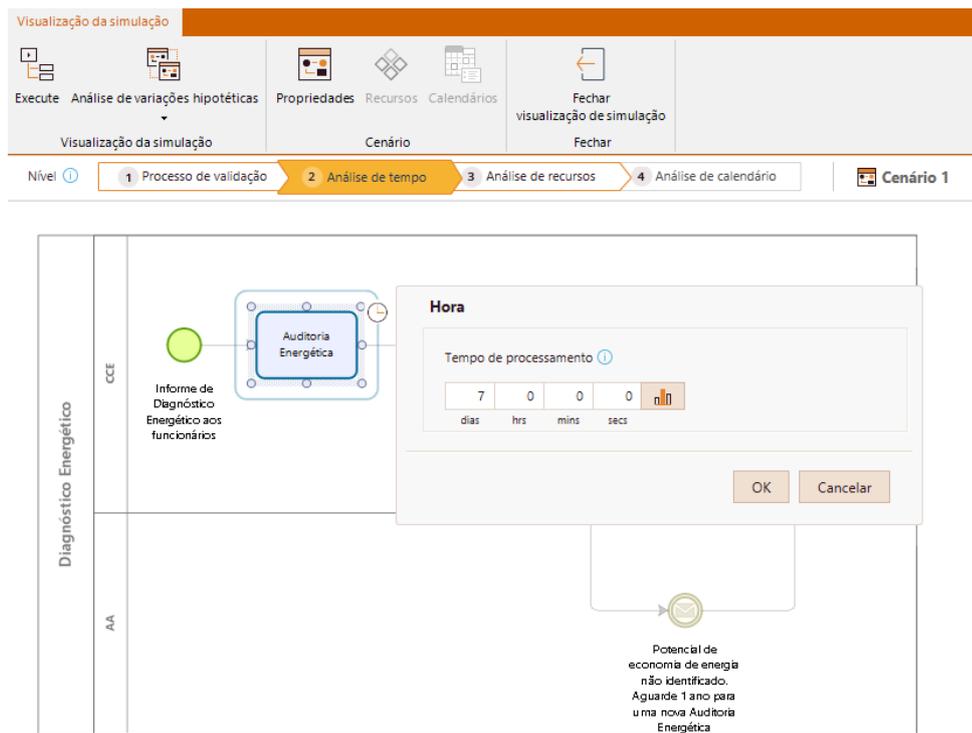


Figura 5.20: Determinação da Duração da Tarefa de Auditoria energética Autoria Própria.

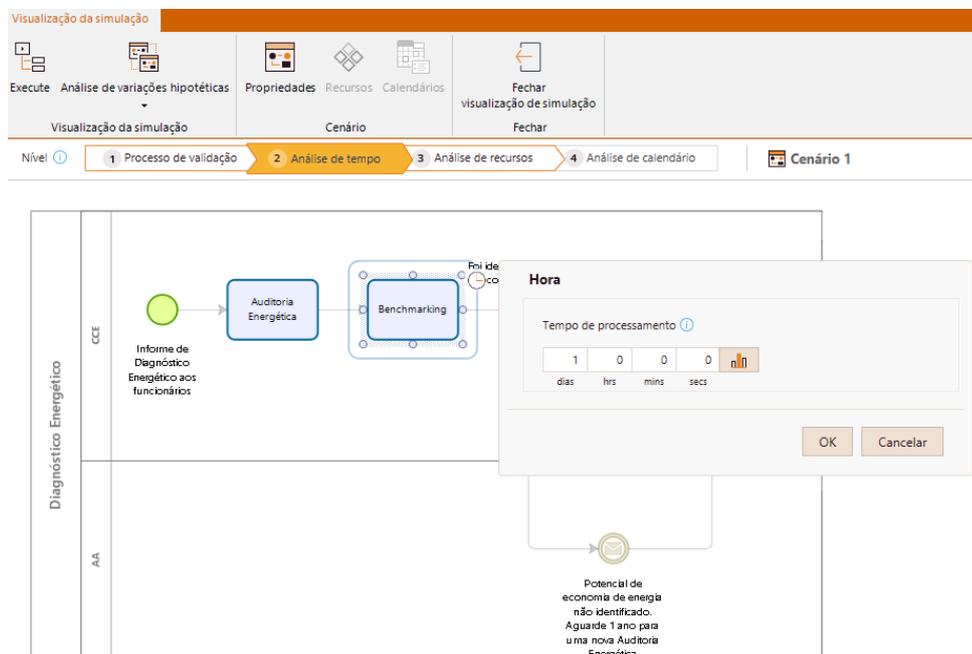


Figura 5.21: Determinação da Duração da Tarefa de *Benchmarking* Autoria Própria.

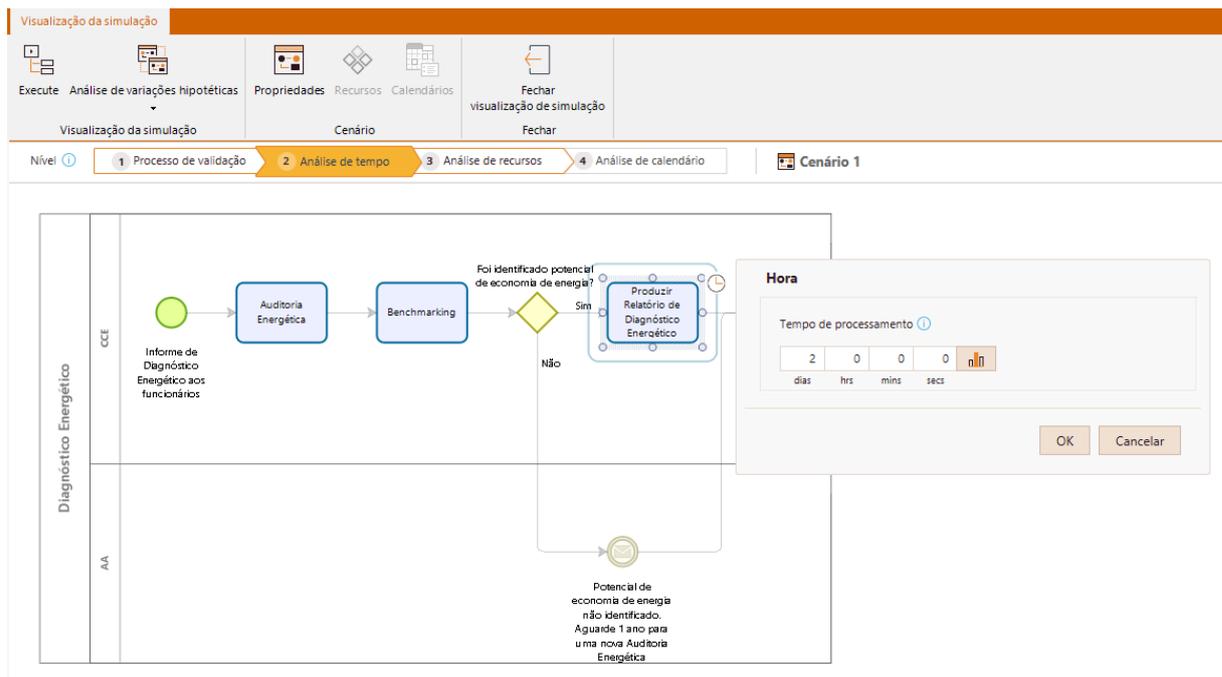


Figura 5.22: Determinação da Duração da Tarefa de Produção do Diagnóstico Energético
Autoria Própria.

5.2 Resultados no Bizagi Modeler

A figura 5.23 corresponde a um relatório gerado que mostra como deve funcionar o processo, de modo que, a partir de agora, é possível introduzir informações que aproximam o modelo a uma situação mais realista.

Diagnóstico Energético							
Nome	Tipo	Instâncias concluídas	Instâncias iniciadas	Tempo mín.	Tempo máx.	Tempo méd.	Tempo total
Diagnóstico Energético	Processo	5	5	8d	10d	9d 14h 24m	48d
Informe de Diagnóstico Energético aos funcionários	Iniciar evento	5					
Benchmarking	Atividade	5	5	1d	1d	1d	5d
Foi identificado potencial de economia de energia?	Gateway	5	5				
Auditoria Energética	Atividade	5	5	7d	7d	7d	35d
Produzir Relatório de Diagnóstico Energético	Atividade	4	4	2d	2d	2d	8d
NoneEnd	Finalizar evento	5					
Potencial de economia de energia não identificado. Aguarde 1 ano para uma nova Auditoria Energética	Intermediar evento	1	1				

Figura 5.23: Resultado do Tempo Total Necessário para Completar o Processo Autoria Própria.

Levando em consideração os recursos necessários para a realização das tarefas, no terceiro nível, a *AnlisedeRecursos* permite definir a disponibilidade de recursos e os requisitos correspondentes a cada tarefa. Nesse nível é possível visualizar o quanto se utilizou de cada recurso, segundo a quantificação especificada e a distribuição por tarefa. A figura 5.24 mostra quais os recursos criados e o primeiro resultado de utilização dos mesmos em todo o processo. A disponibilidade de recursos determinada foi a seguinte: 8 técnicos, 4 analistas e 4 engenheiros.

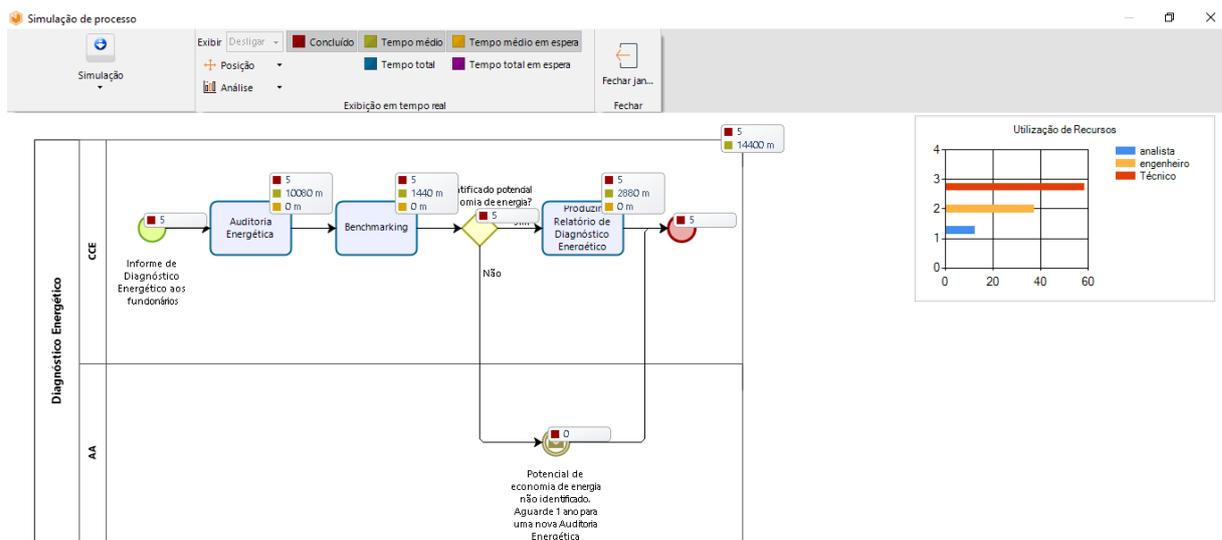


Figura 5.24: Simulação de Utilização dos Recursos
 Autoria Própria.

A simulação mostra a utilização de recursos e revela possíveis atrasos no processo, sendo identificado um atraso quanto à utilização do recurso “técnico”. O último nível, denominado “Análise de Calendários” introduz plantões, descansos, férias e fins de semana que podem afetar o desempenho real do processo. Para modelar essas condições foram criados três diferentes calendários: Turno da manhã, Horário de Almoço e Turno da Tarde. A figura 5.24 ilustra as definições do calendário “Turno da manhã”; a figura 5.24 ilustra as definições do calendário “Horário de Almoço” e a figura 5.24 ilustra as definições do calendário “Turno da tarde”.

The screenshot shows the 'Calendários' dialog box in Bizagi Modeler. On the left, a list of calendars includes 'Turno da manhã', 'Horário de Almoço', and 'Turno da tarde'. The 'Turno da manhã' calendar is selected. The main configuration area is divided into three sections: 'Calendário', 'Padrão de recorrência', and 'Faixa de recorrência'. In the 'Calendário' section, the name is 'Turno da manhã', the start time is '08:00 AM', and the duration is '4 horas'. In the 'Padrão de recorrência' section, 'Diariamente' is selected, and the frequency is set to '1' day. In the 'Faixa de recorrência' section, 'Sem data de término' is selected, and the start date is '03/13/2022'. At the bottom, there are 'Adicionar' and 'Remover' buttons, and an 'OK' button.

Figura 5.25: Definição do calendário “Turno da manhã”

Autoria Própria.

The screenshot shows the 'Calendários' dialog box in Bizagi Modeler. On the left, a list of calendars includes 'Turno da manhã', 'Horário de Almoço', and 'Turno da tarde'. The 'Horário de Almoço' calendar is selected. The main configuration area is divided into three sections: 'Calendário', 'Padrão de recorrência', and 'Faixa de recorrência'. In the 'Calendário' section, the name is 'Horário de Almoço', the start time is '12:00 AM', and the duration is '1 horas'. In the 'Padrão de recorrência' section, 'Diariamente' is selected, and the frequency is set to '1' day. In the 'Faixa de recorrência' section, 'Sem data de término' is selected, and the start date is '03/13/2022'. At the bottom, there are 'Adicionar' and 'Remover' buttons, and an 'OK' button.

Figura 5.26: Definição do calendário “Horário de Almoço”

Autoria Própria.

Calendários

Calendário

Nome: Turno da tarde

Hora de início: 01:00 PM

Duração: 4 horas

Padrão de recorrência

Diariamente

Todo(a) 1 dias

Semanalmente

Mensal

Anualmente

Faixa de recorrência

Início: 03/13/2022

Sem data de término

Terminar após: 10 ocorrências

Terminar até: 03/13/2022

Adicionar Remover

OK

Figura 5.27: Definição do calendário “Turno da tarde”

Autoria Própria.

Já a figura 5.28 ilustra a opção de “Recursos”, em que, após a inserção de calendários, criou o primeiro cenário com as quantidades de recursos aplicadas por turno. Em seguida, na figura 5.29 é apresentado o segundo cenário com uma quantidade de recursos ampliada, distribuída por turnos.

Recursos	Quantidades padrão	Turno da manhã	Horário de Almoço	Turno da tarde
analista	4	2	0	2
engenheiro	4	2	0	2
Técnico	8	4	0	4

Figura 5.28: Definição do Primeiro Cenário
Autoria Própria.

Recursos	Quantidades padrão	Turno da manhã	Horário de Almoço	Turno da tarde
analista	4	4	0	4
engenheiro	4	3	0	3
Técnico	8	8	0	8

Figura 5.29: Definição do Segundo Cenário
Autoria Própria.

O resultado do primeiro cenário, considerando situações mais próximas da realidade é apresentado nas figuras 5.30, 5.31 e 5.32 no qual a simulação passou a apresentar um cenário mais real, com recursos sobre utilizados e grandes atrasos de processos.

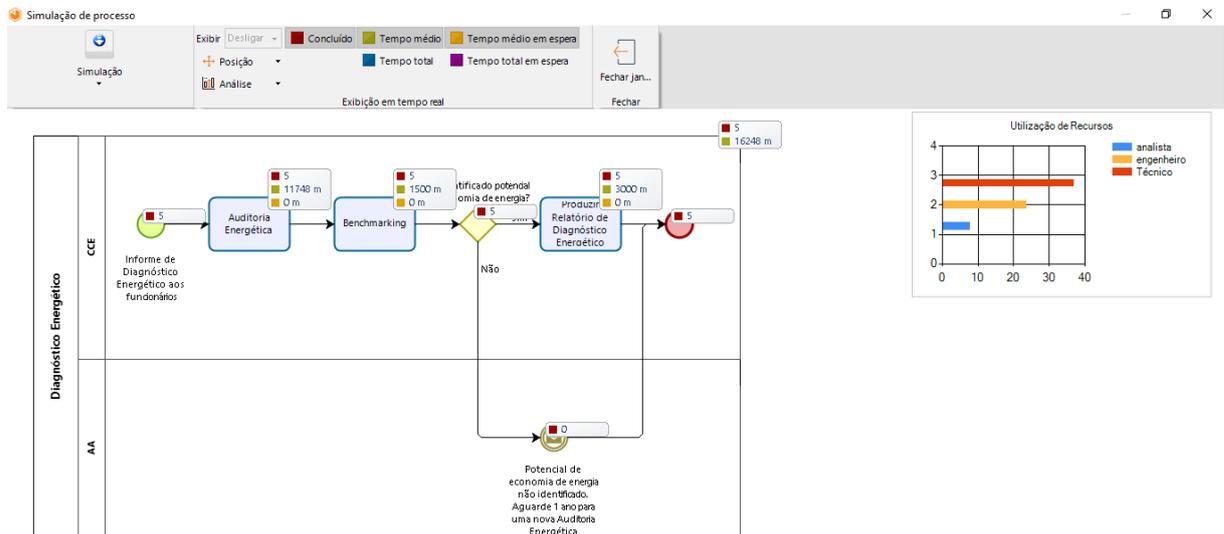


Figura 5.30: Resultado da Simulação Primeiro Cenário
 Autoria Própria.

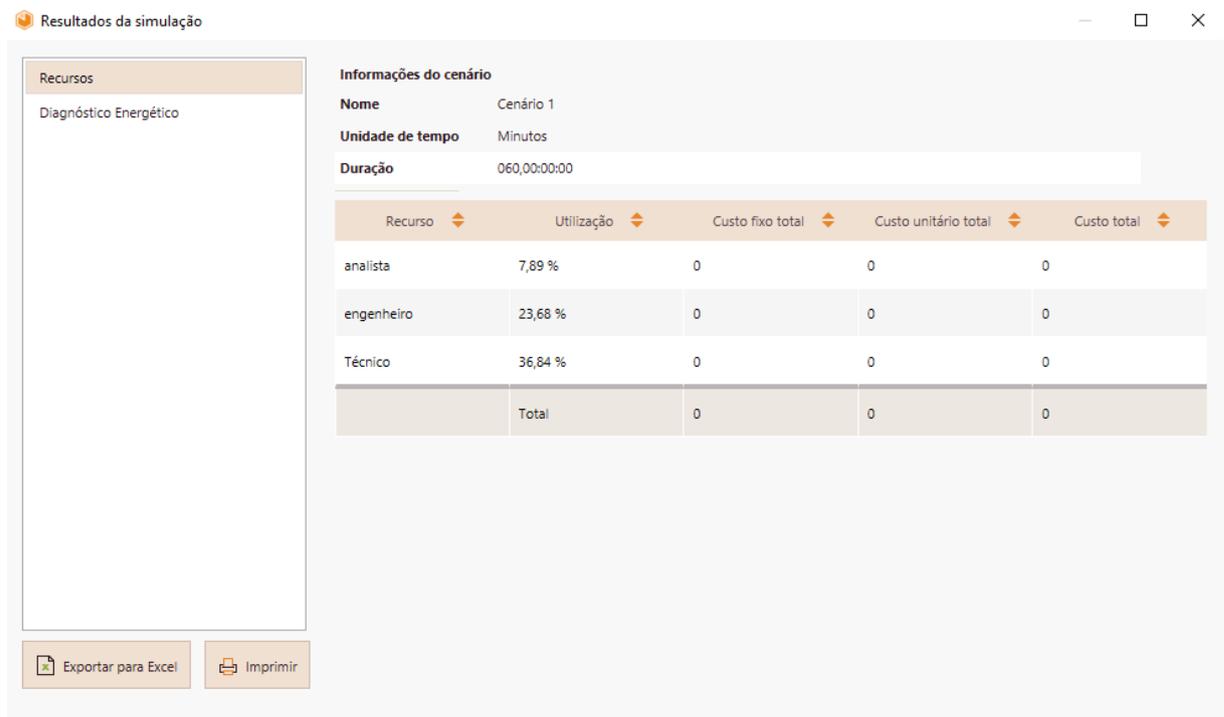


Figura 5.31: Resultado da Simulação Primeiro Cenário
 Autoria Própria.

Resultados da simulação

Recursos
Diagnóstico Energético

Informações do cenário
 Nome: Cenário 1
 Unidade de tempo: Minutos
 Duração: 060,00:00:00

Nome	Tipo	Instâncias concluídas	Instâncias iniciadas	Tempo mín.	Tempo máx.	Tempo méd.	Tempo total	Tempo mín. aguardando recurso	Tempo aguardar rec
Diagnóstico Energético	Processo	5	5	10d 23h	11d 12h	11d 6h 48m	56d 10h		
Informe de Diagnóstico Energético aos funcionários	Iniciar evento	5							
Benchmarking	Atividade	5	5	1d 1h	1d 1h	1d 1h	5d 5h	0	0
Foi identificado potencial de economia de energia?	Gateway	5	5						
Auditoria Energética	Atividade	5	5	7d 20h	8d 9h	8d 3h 48m	40d 19h	0	0
Produzir Relatório de Diagnóstico Energético	Atividade	5	5	2d 2h	2d 2h	2d 2h	10d 10h	0	0
NoneEnd	Finalizar evento	5							
Potencial de economia de energia não identificado. Aguarde 1 ano para uma nova Auditoria Energética	Intermediar evento	0	0						

Exportar para Excel Imprimir

Figura 5.32: Resultado da Simulação Primeiro Cenário
 Autoria Própria.

A partir de uma boa aproximação da realidade do processo, mudanças devem ser realizadas a fim de gerar efeitos no modelo que correspondam aos mesmos geradas pelas mudanças na vida real.

Por fim, chega-se à “Análise de Variações Hipotéticas” onde é possível avaliar o que aconteceria se fossem feitas mudanças na distribuição dos recursos, dentro de cada tarefa. A primeira mudança seria aumentar a disponibilidade dos recursos com maior utilização.

Para isso é criado um cenário com a mesma configuração da situação original. No segundo cenário foram aumentadas as quantidades de recursos em cada turno de trabalho, ilustrado pela figura 5.29. Apesar da análise de custos não estar inserida neste exemplo, os maiores aumentos ocorreram sobre os recursos com menor remuneração.

Feita a “Análise de Variações Hipotéticas”, pode-se comparar os cenários facilmente e verificar se as mudanças tiveram o efeito esperado com uma utilização dos recursos razoável e redução dos tempos de processamento. O resultado da simulação ilustrado pela figura 5.33 e pelo Apêndice B revela que, com as mudanças necessárias e com a formação de diferentes cenários é possível encontrar, por meio dessa análise no Bizagi Modeler, um cenário ótimo para cada processo a ser estudado e simulado.

Recursos		
Recurso	Cenário	Utilização
analista	Cenário 1	7,89 %
analista	Cenário 2	2,17 %
engenheiro	Cenário 1	23,68 %
engenheiro	Cenário 2	4,76 %
Técnico	Cenário 1	36,84 %
Técnico	Cenário 2	30,43 %

Figura 5.33: Resultado da Utilização dos Recursos
Autoria Própria.

Como foi possível verificar no Apêndice B, com o aumento dos recursos, houve uma diminuição da duração total do processo em 7,7% e reduções significativas quanto a utilização dos recursos, com variações de até 79,9%.

Dessa forma, esse capítulo buscou mostrar, como a modelagem de processos no Bizagi Modeler pode somar melhorias aos resultados obtidos com a implementação de projetos de eficiência energética em Hospitais. Além de Controlar e otimizar processos de redução de consumo de energia elétrica e de custos financeiros, poder simular efeitos próximos da realidade, gerados por mudanças, propostas para eliminar gargalos de ineficiência técnica e econômica, é ainda mais vantajoso e seguro para a gestão energética hospitalar.

Capítulo 6

Conclusão

O presente estudo buscou desenvolver uma estratégia abrangente para viabilizar a gestão energética hospitalar. Para isso foi desenvolvida uma metodologia concentrada em superar, principalmente, barreiras técnicas, financeiras, políticas e de desinformação. Ao avaliar cada um desses obstáculos, alguns objetivos foram definidos, como simplificar o processo de tomada de decisão e reduzir os gastos com *retrofit*, evitando selecionar ações de retrofit sem que se considere determinados critérios.

Nesse contexto, a metodologia proposta visa garantir uma seleção de ações específicas, ordenadas de forma prioritária àquelas que impactam diretamente na redução do consumo de energia elétrica. A estrutura desenvolvida se baseia em uma estratégia de *retrofit* por etapas. Considerando que cada ação inclui mudanças que afetarão as ações de retrofit subsequentes, a estratégia proposta diferencia dois tipos de medidas de *retrofit*, primárias e complementares. Dessa forma, é possível evitar o superdimensionamento dos sistemas de geração de energia, evitar investimentos desnecessários e priorizar ações imediatas para redução de custos com energia elétrica.

A metodologia de Gestão Energética de Instalações Hospitalares apresentada neste trabalho, pode ser encarada como um modelo para operações em unidades consumidoras semelhantes. Esse estudo objetivou contribuir com o desenvolvimento de trabalhos relacionados a diretrizes sobre *retrofit* de unidades consumidoras, sejam elas dos mais variados perfis, favorecendo a disseminação de práticas sustentáveis nos diversos setores da sociedade.

Além disso, sua modelagem no Bizagi Modeler buscou traduzir como a eficiência energética pode ser praticada, mais especificamente, em prédios hospitalares, representando os respectivos impactos na duração do processo e nos valores de custos referentes à implan-

tação de um projeto de eficiência energética. Tal alternativa também pode ser aplicada como medida para melhorar a gestão dos recursos públicos, e, de alguma forma, sinalizar à população a aplicação direta dos recursos pagos pelo contribuinte municipal, em tecnologia emergente, voltada para um cenário mais sustentável.

Apesar das amplas vantagens do *retrofit* energético, verificou-se que sua taxa de implementação ainda é baixa, principalmente devido a barreiras econômicas, políticas e de desinformação. Os hospitais, em especial, por apresentarem desafios adicionais relacionados à ocupação contínua, equipamentos médicos pesados e requisitos de segurança do paciente, necessitam ainda mais da compulsoriedade de políticas de eficiência energética para edificações. Além disso, segundo os estudos apontados, foi possível evidenciar que, para coordenar o Plano de Economia de Energia dentro de um hospital, é necessária a composição de uma equipe técnica especializada, a Comissão de Conservação de Energia (CCE).

É importante destacar que ficou mais claro entender que os investimentos em eficiência energética podem ser um motivador para a geração de empregos, sempre que identificados altos potenciais de eficiência energética. Além disso, investimentos em *retrofits* de edificações, novas construções eficientes, energia solar fotovoltaica e infraestrutura de transporte urbano encabeçam a lista de itens com o maior potencial de criação de empregos, segundo a IEA.

Foi tomada a ciência também que, segundo a perspectiva Global sobre Eficiência energética e Empregos do Plano de Recuperação Econômica e Social, presente no Atlas de eficiência energética de 2020, as maiores quantidades de novos empregos seriam no campo de *retrofit* de edificações e em outras medidas para melhorar suas eficiências energéticas; e no setor elétrico, seriam particularmente em redes e energias renováveis.

Foi possível concluir, também, que, esse entendimento é verificado quando a Instituição, que apresenta o interesse em realizar um projeto de tal qualidade, tem um Nível de maturidade razoável. Níveis de maturidade razoáveis refletem condições mínimas para realizar um bom planejamento, gestão, otimização e execução de um projeto como o de eficiência energética. Outra condição essencial verificada durante o desenvolvimento desse trabalho foi a conscientização das pessoas envolvidas direta e indiretamente com o projeto de retrofit. O desenvolvimento de uma cultura de consciência e cuidado em relação ao uso da energia, para que seja entendida e absorvida por todos os membros de uma organização, é fundamental para tornar permanente os benefícios alcançados com o bom uso da energia. Além disso, proporciona, de forma pragmática, a continuidade do monitoramento

do uso da energia nas principais atividades e estratégias de uma organização.

Sobre as principais vantagens da aplicação do Bizagi Modeler identificadas no presente trabalho, pode-se destacar a possibilidade de visualização e análise de diferentes cenários, criados através da Análise de Variações Hipotéticas. Tais possibilidades permitem confirmar os efeitos esperados de determinadas mudanças, em especial, àquelas voltadas para a redução do tempo necessário à realização de um projeto.

A transcrição da metodologia proposta para o Bizagi modeler buscou contribuir não só para um direcionamento que leva à eficiência energética e permite gerar impactos diretos na redução do consumo de energia elétrica e de emissão de CO₂, mas também, para se chegar a uma solução ótima de gestão de tempo. A gestão do tempo necessário para o cumprimento de tarefas, é essencial pois, conseqüentemente, gera impactos diretos na gestão dos recursos financeiros.

Melhorias no rendimento de um processo com a redução dos tempos de processamento, considerando que os recursos são utilizados de forma razoável, permitem convencer investidores a aplicarem as mudanças necessárias para alcançar os benefícios esperados no processo real. O Bizagi Modeler permite prever o impacto real de aplicações de mudanças e ideias em um determinado processo.

Além disso, um dos momentos mais decisivos antes da implementação de um projeto, é a análise de risco, nesse caso, justamente, pelo alto grau de incerteza relacionado ao investimento em eficiência energética de edifícios. Dessa forma, a transcrição do fluxograma proposto em diagramas na plataforma Bizagi Modeler pode contribuir diretamente para driblar esse impasse.

6.1 Trabalhos Futuros

A Diretriz proposta pode ser aprimorada por meio de aprofundamento e maior detalhamento dos subprocessos existentes. Além disso, muitas tarefas, inclusive, apresentam grande potencial para também serem transformadas em subprocessos, o que aumentaria o nível da gestão do projeto, conseqüentemente, dos recursos financeiros e do tempo disponível.

Outra possibilidade futura seria a aplicação de valores padrões de *Key Performance Indicator* (KPI), normalmente obtidos na fase de Benchmarking, para Gestão de Indicadores energéticos. Existem, por exemplo, indicadores que representam o tempo total

necessário para completar um processo, dessa forma, ao se aplicar tal valor como referência, diversos cenários podem ser analisados, a fim de se chegar a uma solução ótima que corresponda ao KPI aplicado.

Além disso, não somente é possível analisar cenários para se obter uma solução ótima, mas também tentar entender os motivos de um determinado nível de produtividade não estar sendo alcançado. Por meio dos KPI's, estando os processos claramente definidos, é possível colocar uma lupa em cada uma das etapas, a fim de identificar os principais atrasos.

Outra possibilidade de estudos futuros seria a comparação de resultados de desempenho energético de hospitais, no Bizagi Modeler, obtidos em dois momentos ao longo de um determinado período. Esses momentos seriam, tanto no Benchmarking, presentes na etapa de Diagnóstico energético, quanto no M&V (Medição e Verificação), presente na etapa de Validação e Verificação. O intuito seria reunir uma base de dados formada pela simulação de diferentes cenários gerados com a consideração de KPI's, cujos significados sejam complementares. Essa base de dados poderia ser tratada por uma outra plataforma, de modo a destacar soluções ótimas traduzidas em novos Indicadores Energéticos ou KPI's energéticos.

Por fim, é possível concluir que este trabalho levanta um importante debate sobre a eficiência energética de edifícios hospitalares e chama a atenção para as lacunas de estudo e políticas que impedem esse tipo de projeto. Para trabalhos futuros, sugere-se também, amplos estudos para lidar com questões operacionais no retrofit de hospitais e análises regionais sobre as normas de *retrofit* atuais. Como trabalho futuro não pode ser esquecida a oportunidade de aplicação desta metodologia a um caso real, se possível em várias unidades hospitalares, com o intuito de analisar a comparação do impacto proveniente da aplicação dessa metodologia por "idade" da edificação. Outra oportunidade está na quantificação dos ganhos com a implantação da referida metodologia em uma unidade hospitalar real para compará-los com os custos de manutenção periódicos, ou seja, avaliar se o custo atual da manutenção nas instalações seria impactado por medidas de *retrofit* energético.

Referências

- [1] BENGTTSSON, M.; FOTIOU, S. Sustainable consumption and production: A handbook for policy makers, global edition.
- [2] PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, Elsevier, v. 40, n. 3, p. 394–398, 2008.
- [3] VENETOULIS, J.; TALBERTH, J. Refining the ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*, Springer, v. 10, n. 4, p. 441–469, 2008. doi: 10.1007/s10668-006-9074-z.
- [4] RICUPERO, R.; IAQUINTO, K. Brazil: environmental power. *The Brazilian Economy*, v. 4, n. 5, p. 18–21, 2012.
- [5] EMADI, A. *Energy-Efficient Electric Motors, Revised and Expanded*. [S.l.]: CRC Press, 2018.
- [6] BROWN, B. J.; HANSON, M. E.; LIVERMAN, D. M.; MERIDETH, R. W. Global sustainability: Toward definition. *Environmental management*, Springer, v. 11, n. 6, p. 713–719, 1987.
- [7] EPE, E. de P. E. *BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL-2021*. Acessado em 22 de abril de 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/>>.
- [8] EPE, E. de P. E. *Atlas da Eficiência Energética Brasil 2021*. 05 de fevereiro 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_P_T2022_0204.pdf>.
- [9] EPE, E. de P. E. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2031*. [S.l.].
- [10] ELÉTRICA, P. P. N. de Conservação de E. 2001, *o ano de consolidação do Selo Procel*. [S.l.].
- [11] UNIÃO, T. de Contas da. *Apagão elétrico custou 45 bilhões de reais, diz TCU*. 05 de fevereiro 2022. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/data/pages/8A81881E77D527270177D58578A47A0E.htm>>.
- [12] ENERGIA, M. de Minas e. *Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf*. 20 de janeiro 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-eficiencia-energetica/documentos/plano-nacional-eficiencia-energetica-pdf.pdf/view>>.
- [13] EPE, E. de P. E. Escassez hídrica e o fornecimento de energia elétrica no Brasil. 20 de novembro 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/infografico.pdf>>.

- [14] ONS, O. N. do S. Energia Agora Reservatórios. 20 de novembro 2021. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>>.
- [15] COELHO, D. F. B.; CRUZ, V. H. do N. Edifícios inteligentes.
- [16] CONSERVAÇÃO de Energia. Eficiência energética de equipamentos e instalações. [S.l.]: Governo Federal do Brasil. Ministério de Minas e Energia, 2006.
- [17] PATTERSON, M. G. What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy policy*, Elsevier, v. 24, n. 5, p. 377–390, 1996.
- [18] PROCEL, P. N. de Conservação de E. Resultados do Procel 2021 - ano-base 2020. 25 de novembro 2021. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2021/>>.
- [19] EPE, E. de P. E. Plano Nacional de Energia - PNE. 10 de novembro 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-de-energia-pne>>.
- [20] PERSILY, A. K.; EMMERICH, S. J. Indoor air quality in sustainable, energy efficient buildings. *Hvac&R Research*, Taylor & Francis, v. 18, n. 1-2, p. 4–20, 2012.
- [21] IEA, I. E. A. *Energy end use and efficiency*. 7 de outubro 2021. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/energy-end-use-and-efficiency>>.
- [22] ETIQUETAGEM, P. . B. de. *PBE Edifica*. 03 de junho 2021. Disponível em: <<https://www.pbeedifica.com.br/sobre>>.
- [23] WANG, T.; LI, X.; LIAO, P.-C.; FANG, D. Building energy efficiency for public hospitals and healthcare facilities in china: Barriers and drivers. *Energy*, v. 103, p. 588 – 597, 2016. ISSN 0360-5442. doi: 10.1016/j.energy.2016.03.039. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216302833>>.
- [24] KOLOKOTSA, D.; TSOOTSOS, T.; PAPANTONIOU, S. Energy conservation techniques for hospital buildings. *Advances in Building Energy Research*, Taylor Francis, v. 6, n. 1, p. 159–172, 2012. doi: 10.1080/17512549.2012.672007.
- [25] BNDS, B. N. de D. *BNDES Finem - Meio Ambiente - Eficiência Energética*. 04 de janeiro 2022. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-eficiencia-energetica>>.
- [26] BNDS, B. N. de D. *PANORAMA E DESAFIOS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL*. 04 de julho 2021. Disponível em: <<https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2018/08/SumarioPanoramaDesafiosEficienciaEnergeticaBrasil.pdf>>.
- [27] INFO, C. B. de Informação de E. E. P. *Área de Abrangência do Procel Info*. 11 de dezembro 2021. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>.
- [28] ISO. *EN ISO 52000-1 – Energy Performance of Buildings – Overarching EPB Assessment*. 2017.

- [29] ISO. *EN ISO 52000-2 - Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment — Part 2: Explanation and justification of ISO 52000-1*. 2017.
- [30] HENDRON, R.; LEACH, M.; BONNEMA, E.; SHEKHAR, D.; PLESS, S. *Advanced Energy Retrofit Guide: Practical Ways to Improve Energy Performance; Healthcare Facilities*. National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2013. doi: 10.2172/1096100. Disponível em: <<https://www.osti.gov/biblio/1096100>>.
- [31] CANADA, C. N. R.; EFFICIENCY, C. O. of E. *Major Energy Retrofit Guidelines for Commercial and Institutional Buildings: Hospitals*. Natural Resources Canada, 2017. ISBN 9780660247533. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=wObhwQEACAAJ>>.
- [32] EFFICIENCY, G. of India. Ministry of Power. Bureau of E. *Energy Efficiency in Hospitals: Best Practice Guide*. [S.l.]: IRG-SSA, 2009.
- [33] SHEN, C.; ZHAO, K.; GE, J.; ZHOU, Q. Analysis of building energy consumption in a hospital in the hot summer and cold winter area. *Energy Procedia*, Elsevier, v. 158, p. 3735–3740, 2019.
- [34] BAWANEH, K.; NEZAMI, F. G.; RASHEDUZZAMAN, M.; DEKEN, B. Energy consumption analysis and characterization of healthcare facilities in the united states. *Energies*, v. 12, n. 19, 2019. ISSN 1996-1073. doi: 10.3390/en12193775. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1073/12/19/3775>>.
- [35] Salem Szklo, A.; Borghetti Soares, J.; Tiomno Tolmasquim, M. Energy consumption indicators and chp technical potential in the brazilian hospital sector. *Energy Conversion and Management*, v. 45, n. 13, p. 2075 – 2091, 2004. ISSN 0196-8904. doi: 10.1016/j.enconman.2003.10.019. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019689040300325X>>.
- [36] ELETROBRAS/PROCEL. *ORIENTAÇÕES GERAIS PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM HOSPITAIS*. [S.l.].
- [37] ISO. *ABNT NBR ISO 50001 - Sistemas de gestão de energia – Requisitos com Orientações para Uso*. 2018.
- [38] PROCEL-EPP. *Manual do Pré-Diagnóstico Energético Autodiagnóstico na Área de prédios Públicos*. [S.l.].
- [39] ISO. *ABNT ISO 50.002:2014 - Diagnósticos energéticos: Requisitos com orientação para Uso*. 2014.
- [40] OLIVEIRA, K. B. de; SANTOS, E. F. dos; NETO, A. F.; SANTOS, V. H. de M.; OLIVEIRA, O. J. de. Guidelines for efficient and sustainable energy management in hospital buildings. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 329, p. 129644, 2021.
- [41] BILLANES, J. D.; MA, Z.; JØRGENSEN, B. N. The bright green hospitals.
- [42] TEKE, A.; TIMUR, O. Overview of energy savings and efficiency strategies at the hospitals. *International Journal of Economics and Management Engineering*, v. 8, n. 1, p. 242–248, 2014.

- [43] EBSEH, E. B. de S. H. *Diretrizes de Sustentabilidade para projetos de Arquitetura e Engenharia em Hospitais Universitários*. [S.l.].
- [44] MOHAMMADPOUR, A.; ANUMBA, C. J.; MESSNER, J. I. Retrofitting of health-care facilities: Case study approach. *Journal of Architectural Engineering*, v. 23, n. 3, p. 05017003, 2017. doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000248.
- [45] SINGER, B. C. High performance healthcare buildings: a roadmap to improved energy efficiency. 2009.
- [46] RADWAN, A. F.; HANAFY, A. A.; ELHELW, M.; EL-SAYED, A. E.-H. A. Retrofitting of existing buildings to achieve better energy-efficiency in commercial building case study: Hospital in egypt. *Alexandria Engineering Journal*, v. 55, n. 4, p. 3061 – 3071, 2016. ISSN 1110-0168. doi: 10.1016/j.aej.2016.08.005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016816302149>>.
- [47] CAPOLONGO, S. Queensland children’s hospital brisbane, australia. 2019.
- [48] ALONSO, S.; MORÁN, A.; PRADA, M. Á.; REGUERA, P.; FUERTES, J. J.; DOMÍNGUEZ, M. A data-driven approach for enhancing the efficiency in chiller plants: A hospital case study. *Energies*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 12, n. 5, p. 827, 2019.
- [49] ARDENTE, F.; BECCALI, M.; CELLURA, M.; MISTRETTA, M. Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, v. 15, n. 1, p. 460–470, 2011.
- [50] DAINESE, E.; WALKER, S.; MAASSEN, W.; ZEILER, W. Towards zero energy hospital buildings: a polyclinic building as case study. In: EDP SCIENCES. *E3S Web of Conferences*. [S.l.], 2019. v. 111, p. 04021.
- [51] LUDIN, N. A.; JUNEDI, M. M.; AFFANDI, N. A. A.; IBRAHIM, M. A.; SOPIAN, K.; TERIDI, M. A. M.; SEPEAI, S.; SU’AIT, M. S.; HAW, L. C. Energy efficiency action plan for a public hospital in malaysia. *Alam Cipta*, v. 12, n. Special Issue 1, p. 73–79, 2019.
- [52] AZIZ, M. S. I.; HARUN, H.; RAMLI, A. S. I.; AZMI, A. M.; DAHLAN, N. Y.; ZAILANI, R. Energy efficiency initiatives for a hospital building in malaysia. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, v. 88, n. 3, p. 145–155, 2021. doi: doi.org/10.37934/arfmts.88.3.145155.
- [53] CAPABILITY, C.; INTEGRATION, M. M. *Performance Solutions*. 6 de dezembro 2021. Disponível em: <<https://cmmiinstitute.com/cmmi>>.
- [54] PROMOVE. *CMMI 2.0: entenda o que é e quais as mudanças dessa versão*. 14 de outubro 2021. Disponível em: <<https://promovesolucoes.com/cmmi-2-0-entenda-o-que-e-e-quais-as-mudancas-dessa-versao/>>.
- [55] PROMOVE. *O que é CMMI e como usar? Aprenda aqui!* 11 de dezembro 2021. Disponível em: <<https://promovesolucoes.com/cmmi-o-que-e-e-como-usar/>>.
- [56] TARHAN, A. K.; TURETKEN, O.; BIGGELAAR, F. van den. Assessing healthcare process maturity: Challenges of using a business process maturity model.

- [57] FORSTNER, E.; KAMPRATH, N.; RÖGLINGER, M. Capability development with process maturity models—decision framework and economic analysis. *Journal of Decision Systems*, Taylor & Francis, v. 23, n. 2, p. 127–150, 2014.
- [58] TARHAN, A. K.; GAROUSI, V.; TURETKEN, O.; SÖYLEMEZ, M.; GAROSI, S. Maturity assessment and maturity models in health care: A multivocal literature review. *Digital health*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 6, p. 2055207620914772, 2020.
- [59] CLEVEN, A. K.; WINTER, R.; WORTMANN, F.; METTLER, T. Process management in hospitals: an empirically grounded maturity model. *Business Research*, Springer, v. 7, n. 2, p. 191–216, 2014.
- [60] MA, Z.; COOPER, P.; DALY, D.; LEDO, L. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*, v. 55, p. 889 – 902, 2012. ISSN 0378-7788. doi: 10.1016/j.enbuild.2012.08.018.
- [61] MOSCHURIS, S. J.; KONDYLLIS, M. N. Outsourcing in public hospitals: a greek perspective. *Journal of Health Organization and management*, Emerald Group Publishing Limited, 2006. doi: 10.1108/14777260610656534.
- [62] DONG, B.; KENNEDY, C.; PRESSNAIL, K. Comparing life cycle implications of building retrofit and replacement options. *Canadian Journal of Civil Engineering*, NRC Research Press Ottawa, Canada, v. 32, n. 6, p. 1051–1063, 2005. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.08.034.
- [63] FAIRBANKS, P. Hospital energy use: Taking advantage of energy efficiency. *Electric Energy T&D Magazine*, 2018.
- [64] PROTOCOLO Internacional de Medição e Verificação de Performance. [S.l.]: Efficiency Valuation Organization (EVO), 2012.
- [65] BUONOMANO, A.; CALISE, F.; FERRUZZI, G.; PALOMBO, A. Dynamic energy performance analysis: Case study for energy efficiency retrofits of hospital buildings. *Energy*, v. 78, p. 555 – 572, 2014. ISSN 0360-5442. doi: 10.1016/j.energy.2014.10.042. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421401192X>>.

APÊNDICE A - Diagrama da Metodologia
Proposta para Gestão
Energética de Instalações
Hospitalares

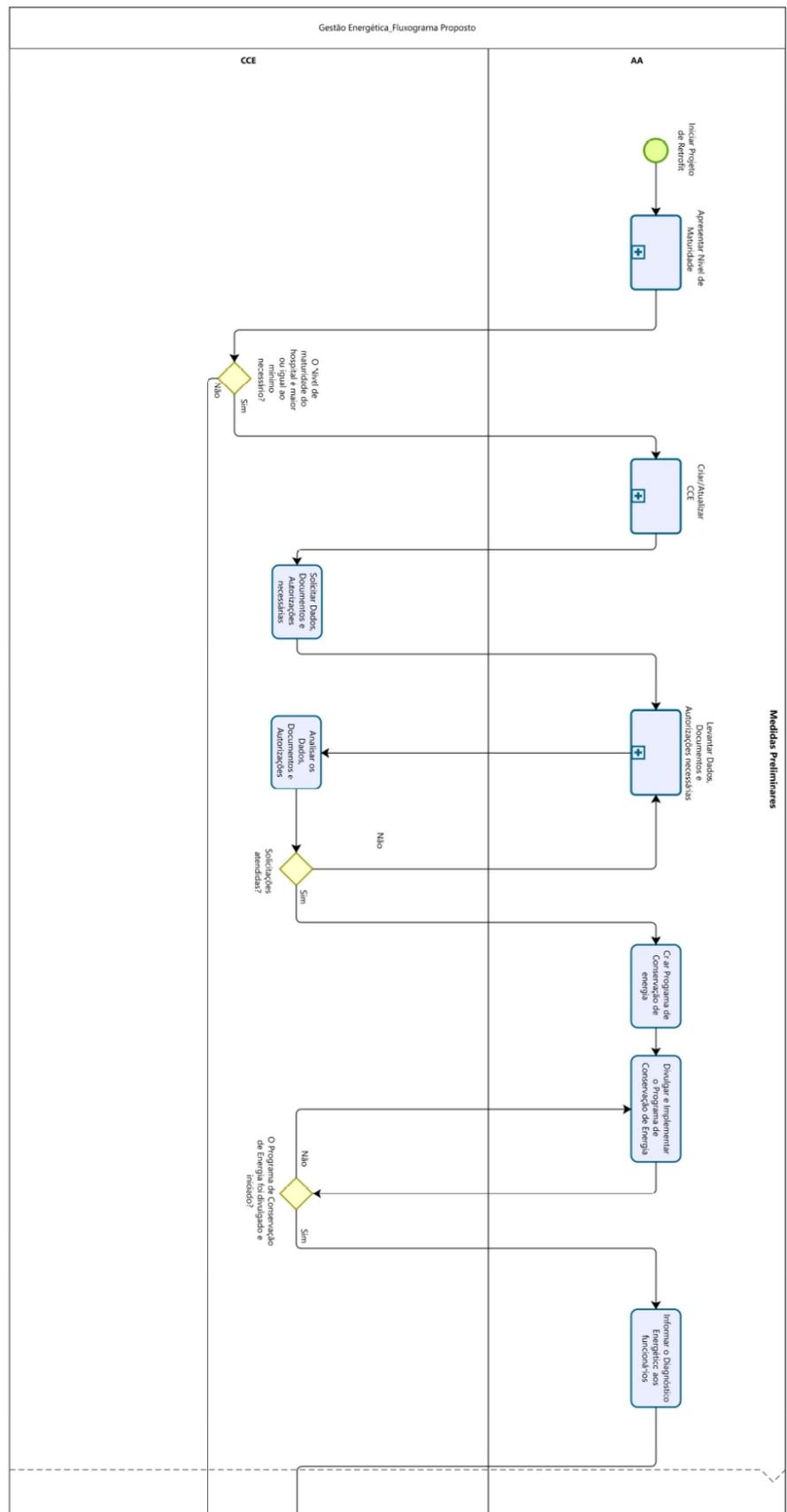


Figura A.1: Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético
 Autoria Própria.

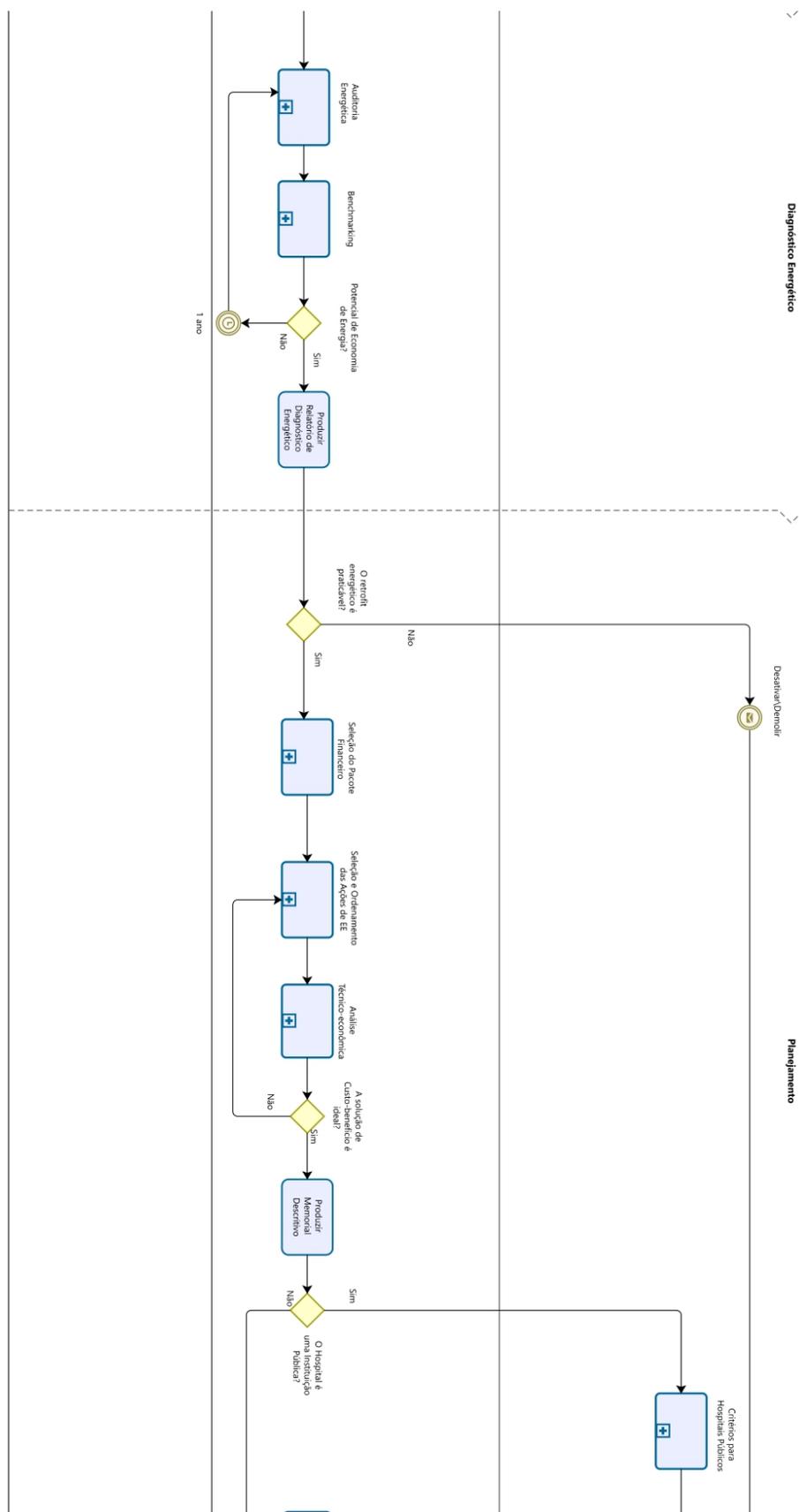


Figura A.2: Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético
 Autoria Própria.

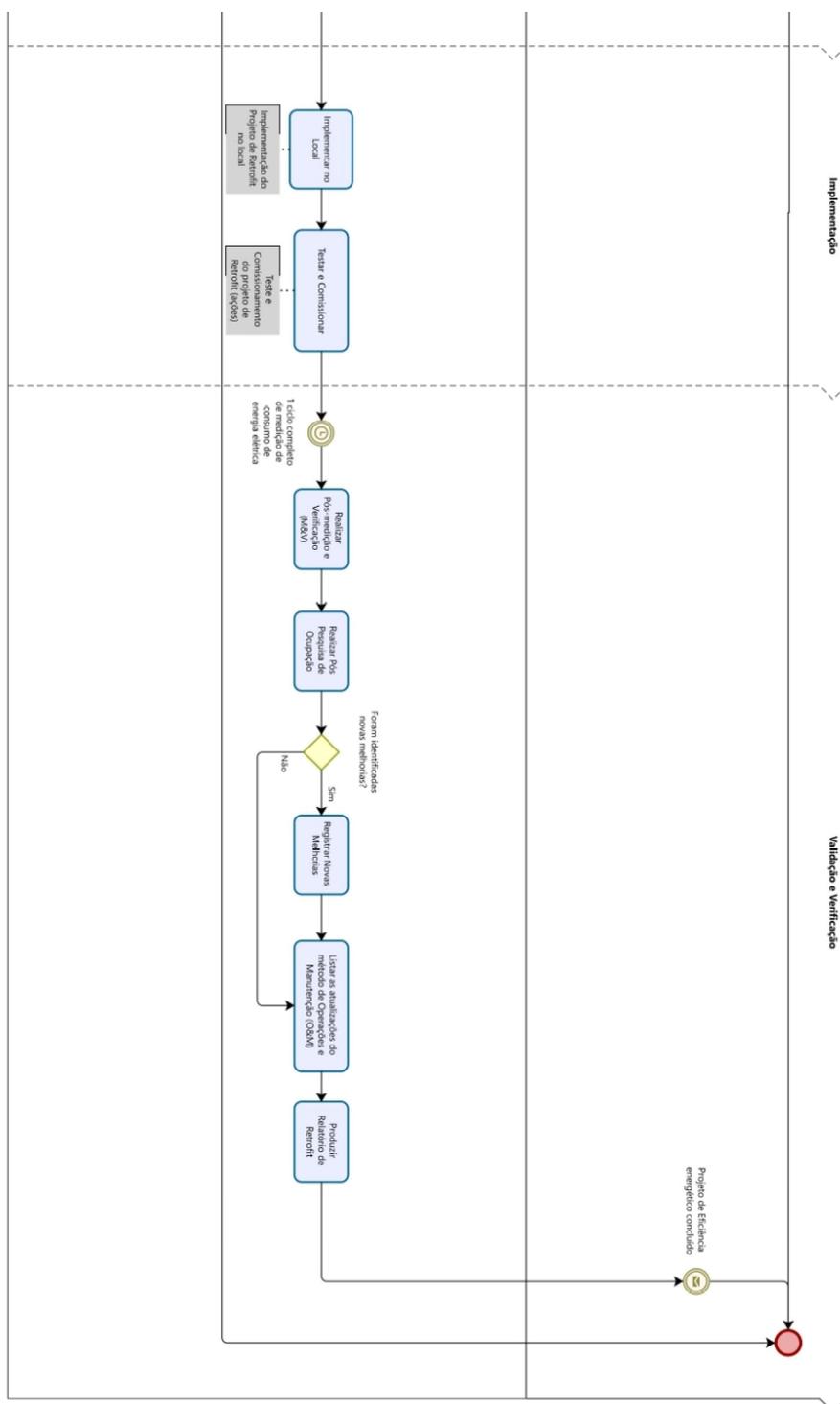


Figura A.3: Diagrama da Metodologia Proposta para Retrofit Energético
 Autoria Própria.

APÊNDICE B - Resultado da Utilização dos Recursos - Bizagi Modeler

Diagnóstico Energético															
Nome	Centro	Tipo	Instâncias concluídas	Instâncias iniciadas	Tempo min.	Tempo máx.	Tempo méd.	Tempo máx. 40m	Tempo total	Tempo min. aguardando recurso	Tempo máx. aguardando recurso	Tempo méd. aguardando recurso	Tempo máx. aguardando recurso	Tempo total aguardando recurso	Custo fixo total
Diagnóstico Energético	Centro 1	Processo	5	5	10d 23h	11d 12h	11d 8h 40m	5d 10h	0	0	0	0	0	0	0
Diagnóstico Energético	Centro 2	Processo	5	5	10d 11h	10d 11h	10d 11h	5d 7h	0	0	0	0	0	0	0
Informe de Diagnóstico Energético aos funcionários	Centro 1	Iniciar evento	5												
Informe de Diagnóstico Energético aos funcionários	Centro 2	Iniciar evento	5												
Benchmarking	Centro 1	Atividade	5	5	1d 1h	1d 1h	1d 1h	5d 5h	0	0	0	0	0	0	0
Benchmarking	Centro 2	Atividade	5	5	1d 1h	1d 1h	1d 1h	5d 5h	0	0	0	0	0	0	0
Foi identificado potencial de economia de energia!	Centro 1	Gateway	5	5											
Foi identificado potencial de economia de energia!	Centro 2	Gateway	5	5											
Auditoria Energética	Centro 1	Atividade	5	5	7d 20h	8d 3h	8d 3h 40m	40d 19h	0	0	0	0	0	0	0
Auditoria Energética	Centro 2	Atividade	5	5	7d 8h	7d 8h	7d 8h	36d 16h	0	0	0	0	0	0	0
Produzir Relatório de Diagnóstico Energético	Centro 1	Atividade	5	5	2d 2h	2d 2h	2d 2h	10d 10h	0	0	0	0	0	0	0
Produzir Relatório de Diagnóstico Energético	Centro 2	Atividade	5	5	2d 2h	2d 2h	2d 2h	10d 10h	0	0	0	0	0	0	0
Normaliz	Centro 1	Finalizar evento	5												
Normaliz	Centro 2	Finalizar evento	5												
Potencial de economia de energia não identificado. Aguarda 1 ano para uma nova Auditoria Energética	Centro 1	Intermediar evento	0	0											
Potencial de economia de energia não identificado. Aguarda 1 ano para uma nova Auditoria Energética	Centro 2	Intermediar evento	0	0											

Figura B.1: Resultado da Utilização dos Recursos Autoria Própria.