



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

PATRICK SILVA RIBEIRO

ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA PARA UNIDADES CONSUMIDORAS
DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

VITÓRIA/ES
2017

PATRICK SILVA RIBEIRO

**ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA PARA UNIDADES CONSUMIDORAS
DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla César Martins Cunha

**VITÓRIA/ES
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

R484e Ribeiro, Patrick Silva, 1987-
Elaboração de indicadores de eficiência energética para
unidades consumidoras do governo do estado do Espírito Santo /
Patrick Silva Ribeiro. – 2017.
95 f. : il.

Orientador: Carla César Martins Cunha.
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento
Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro
Tecnológico.

1. Energia – Gestão ambiental. 2. Administração pública.
3. Edifícios públicos. 4. Espírito Santo (Estado). 5. ISO 50001.
6. Eficiência energética. I. Cunha, Carla César Martins. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III.
Título.

CDU: 628

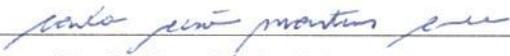
PATRICK SILVA RIBEIRO

ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA UNIDADES CONSUMIDORAS DO GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

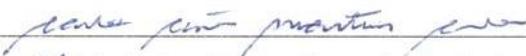
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa Gestão Sustentável e Energia.

Aprovada em 20 de dezembro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA


Prof^a. Dr^a. Carla César Martins Cunha
Orientadora - PPGES / CT / UFES


Prof. D.Sc. Alvim Borges da Silva Filho
Examinador Interno - PPGES / CT / UFES


Prof. Dr. Marco Antonio Saidel
Examinador Externo - PPGEE / USP

AGRADECIMENTOS

Inicio meus agradecimentos por Deus, que me auxiliou nessa tarefa tão dura de conciliar o mestrado com o trabalho e a vida familiar.

Agradeço também à minha esposa, Andressa, sempre compreensiva e apoiadora em toda essa longa caminhada.

Aos meus pais, Otacílio e Idaldina, que desde a tenra idade me ensinaram o valor da busca pelo conhecimento.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a. Carla, pelo empenho e dedicação em traçar as diretrizes para a melhoria do trabalho.

E, por fim, a todos os servidores públicos que auxiliaram no fornecimento dos dados das unidades, em especial, Petronilha (SEDU), Rafael (Polícia), Carina (SEJUS), Sheila e Darlan (SEGER).

RESUMO

O presente trabalho descreve o processo de desenvolvimento de indicadores de eficiência energética e linhas de base energética, nos moldes da série de normas ISO 50000, visando a aplicação em unidades consumidoras da classe poder público. Foram estabelecidos indicadores para cinco grupos de unidades consumidoras do poder público estadual do Estado do Espírito Santo, a saber: hospitais, escolas, edificações administrativas, batalhões e presídios. Para se chegar aos indicadores, utilizou-se a técnica da regressão linear múltipla como forma de quantificar, frente a uma base de dados de cada grupo de unidades, a influência de cada variável independente no consumo de energia elétrica mensal. A partir da aplicação de tal técnica determinou-se indicadores de eficiência energética para cada um dos grupos de unidades consumidoras, relacionando-se o consumo de energia elétrica medido com os valores obtidos pela regressão. Assim, cumpriu-se os objetivos traçados para o trabalho, possibilitando a comparação entre os indicadores medidos e a linha de base dos sistemas de gestão de energia projetados. Os resultados obtidos na avaliação da qualidade dos indicadores foram satisfatórios em quatro dos cinco grupos abordados. O único grupo cujos resultados não foram considerados adequados, a saber, batalhões de polícia, possui peculiaridades que dificultaram o acesso a dados de variáveis independentes de boa qualidade.

Palavras-chave: Gestão energética; ISO 50001; Poder público; Prédios públicos; Eficiência energética.

ABSTRACT

The present work describes the process of developing energy efficiency indicators and energy baselines, according to the ISO 50000 series of standards, aimed at the application in consumer units of the public power class. Indicators were developed for five groups of consuming units of state public power in the state of Espírito Santo, namely: hospitals, schools, administrative buildings, battalions and prisons. For the development, the multiple linear regression technique was used as a way of quantifying, against a database of each group of units, the influence of each independent variable on the monthly electric energy consumption. From the application of this technique, we reached energy efficiency indicators for each of the groups of consumer units, relating the measured electric energy consumption to the values obtained by the regression. Thus, the objectives established for the work were fulfilled, allowing a comparison between the measured indicators and the baseline of the projected energy management systems. The results obtained in the evaluation of the quality of the indicators were satisfactory in four of the five groups. The only group whose results were not considered adequate, namely, police battalions, has peculiarities that hinder access to data of independent variables of good quality.

Keyword: Energy management; ISO 50001; Public Administration; Public buildings; Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Sistema de Gestão de Energia para a ISO 50001.	20
Figura 2: Benefícios esperados da implantação da ISO 50001.	21
Figura 3: Concentração do número de certificações ISO 50001 por país.	24
Figura 4: Fluxograma do processo de diagnóstico energético.	27
Figura 5: Visão geral da medição de desempenho energético.	35
Figura 6: Conceito de período de linha de base e período de reporte para um IDE.	37
Figura 7: Componentes do sistema de gestão de energia predial proposto.	43
Figura 8: Proposta de arquitetura de sistema de monitoramento do consumo de energia.	44
Figura 9: Sistema para obtenção de relatórios de informações hospitalares.	47
Figura 10: Variáveis com diferentes níveis de significância.	51
Figura 11: Tomada exposta em área molhada.	55
Figura 12: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nos hospitais da amostra.	61
Figura 13: IDE e LBE calculados para o HIMABA no período de base.	63
Figura 14: Instalação improvisada com fiação exposta na EEEFM Hilda Miranda Nascimento.	65
Figura 15: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nas escolas da amostra.	68
Figura 16: IDE e LBE calculados para a EEEFM Hilda Miranda Nascimento no período de base.	69
Figura 17: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEDU.	71
Figura 18: IDE e LBE calculados para a sede da SEDU.	72
Figura 19: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEFAZ.	72
Figura 20: IDE e LBE calculados para a sede da SEFAZ.	73
Figura 21: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEGER.	74
Figura 22: IDE e LBE calculados para a sede da SEGER.	75
Figura 23: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica do edifício sede da SESA.	76

Figura 24: IDE e LBE calculados para a sede da SESA.	76
Figura 25: Instalação improvisada com fiação exposta.	78
Figura 26: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nos presídios da amostra.	81
Figura 27: IDE e LBE calculados para o PRCI no período de base.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução do consumo de energia elétrica por área entre 2014 e 2015.	16
Tabela 2: Critérios de complexidade energética para determinação da duração da auditoria.	31
Tabela 3: Nível de complexidade do SGE.	31
Tabela 4: Duração mínima da auditoria para certificação inicial (homem-dia).	32
Tabela 5: Duração mínima da auditoria para manutenção ou recertificação (homem-dia).	32
Tabela 6: Visão Geral das opções do PIMVP.	38
Tabela 7: Detalhamento da potência instalada no HIMABA.	55
Tabela 8: Identificação dos hospitais selecionados para a amostra.	57
Tabela 9: Detalhamento da potência instalada na EEEFM Hilda Miranda Nascimento.	64
Tabela 10: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEDU.	71
Tabela 11: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEFAZ.	73
Tabela 12: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEGER.	74
Tabela 13: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SESA.	76
Tabela 14: Detalhamento da potência instalada no Presídio Regional de Cachoeiro de Itapemirim.	77
Tabela 15: Parâmetros associados à regressão para os batalhões da amostra.	84
Tabela 16: Percentual de participação de cada grupo no consumo total do Governo do ES.	88

LISTA DE SIGLAS

SGE	Sistema de Gestão de Energia
IDE	Indicador de Desempenho Energético
LBE	Linha de Base Energética
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
AEE	Ação de Eficiência Energética

LISTA DE SÍMBOLOS

x_n	n-ésima variável independente da equação de regressão
β_n	n-ésimo coeficiente da equação de regressão
Y	Variável dependente da equação de regressão
R^2	Coeficiente de correlação linear de Pearson

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 SÉRIE ISO 5000X	19
3.1.1 ISO 50001	19
3.1.2 ISO 50002	25
3.1.3 ISO 50003	30
3.1.4 ISO 50004	33
3.1.5 ISO 50006	35
3.1.6 ISO 50015	38
3.2 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO	40
4. METODOLOGIA	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 HOSPITAIS	54
5.2 ESCOLAS	64
5.3 EDIFICAÇÕES ADMINISTRATIVAS	70
5.4 PRESÍDIOS	77
5.5 BATALHÕES DE POLÍCIA	83
6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1. INTRODUÇÃO

A agenda global de redução dos impactos ambientais das atividades humanas tem orientado fóruns, conferências e congressos no mundo todo. Em 2015, por exemplo, ocorreu em Paris a 21ª Conferência das Partes - COP-21, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - UNFCCC (ONU, 2017). Tal conferência teve a área de energia como um dos temas centrais das discussões, refletindo-se nas metas propostas pelos países participantes do acordo. No assim denominado Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu, dentre outras metas estabelecidas, a aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética para aproximadamente 18%, e para 45% a de energias renováveis na composição da matriz energética até 2030 (MMA, 2017). Os esforços oriundos de tais metas demonstram claramente a importância estratégica que é dada à inserção das energias renováveis na matriz energética brasileira, com destaque para a energia eólica e a energia solar. Contudo, a mera substituição de energia oriunda de combustíveis fósseis e outras fontes não renováveis por energias renováveis não parece ser suficiente para o alcance da meta, estabelecida pelo Brasil no Acordo de Paris, para a redução dos gases do efeito estufa em 43% até 2030. Nesse contexto, surge com destaque na agenda nacional e internacional a necessidade de uma melhoria significativa da eficiência energética na indústria e demais unidades consumidoras de energia, tendo esse assunto entrado em foco nas companhias ao redor do mundo (FIEDLER; MIRCEA, 2012). Assim, a conservação de energia tornou-se, nos últimos anos, uma questão bastante abordada. Além disso, a energia é vista pelos especialistas como um fator fundamental para o crescimento econômico, tendo também um papel importante no contexto das mudanças climáticas (BATTAGLINI et al., 2009).

Na Europa, por exemplo, como parte importante da estratégia para o alcance das metas de redução dos gases do efeito estufa e outros poluentes na região, a União Europeia elaborou, em 2011, o *2011 Energy Efficiency Plan* (Plano de Eficiência Energética 2011). Tal Plano veio em resposta aos estímulos do Conselho Europeu para ações que explorem o potencial de conservação de energia em edifícios, transportes, produtos e processos (CARVALHO, 2012).

No entanto, quando se aborda a relevância do uso racional de energia, o aspecto ambiental não é único a conferir importância ao tema. A participação da energia nos custos, seja na indústria, no comércio, ou edificações, públicas ou privadas, faz com que a preocupação com eficiência energética tenha peso ambiental e econômico. Segundo May e outros (2015), eficiência energética ultrapassou a agenda dos setores tradicionalmente eletro-intensivos, tais como a indústria do aço, do cimento e de produtos químicos e derivados, atingindo a praticamente todos os tipos de indústria.

Assim, além das preocupações com a redução do impacto ambiental das atividades humanas, soma-se o objetivo de redução de custos, o que impulsiona ainda mais as ações nas áreas de eficiência energética e gestão do consumo energético. No entanto, a visão da eficiência energética como redução de custos, deriva não só de necessidades internas de contenção das despesas com energia em empresas, governos e consumidores residenciais, mas também da visão do potencial da eficiência energética como uma fonte virtual de energia, capaz de auxiliar nos planos de expansão de geração de energia dos países (GHADERI; MOGHADDAM; SHEIKH-EL-ESLAMI, 2014).

Insta ressaltar que o aproveitamento das oportunidades de economia oriundas das ações de eficiência energética (AEEs) passa não só pelo investimento em tecnologias mais eficientes, mas também por práticas de gestão que visem à redução do consumo de energia das organizações. No ensejo de atender a crescente demanda por tais práticas é que surgiu a série ISO 50000, cuja primeira norma vinculada foi traduzida para o Brasil por meio da ABNT NBR ISO 50001 (ABNT, 2011), tratando sobre sistemas de gestão da energia.

A ISO 50001 se configura um guia para a implantação de práticas de gestão de energia aplicáveis a todos os ramos e tamanhos de organizações, valendo-se para isso de uma metodologia de definição de metas elencadas pela própria organização, aderindo-se totalmente à sua realidade.

Em um cenário de forte crise econômica enfrentada pelo Brasil, e que por consequência atinge diretamente os cofres da administração pública do Estado do Espírito Santo, apresenta-se aos gestores públicos capixabas o grande desafio de controlar as despesas de custeio, entre as quais a energia elétrica está inserida, suprimindo a crescente demanda por serviços públicos de qualidade. Tal desafio faz

com que a série ISO 50000 encontre total aderência tanto com as preocupações ambientais que crescem na administração pública em todas as esferas, quanto no esforço pela redução do custeio da máquina pública, evidenciado, na esfera do Poder Executivo do Estado do Espírito Santo, pela publicação do Decreto nº 3755-R (ESPÍRITO SANTO, 2015). Tal Decreto institui como meta a redução de 20% em algumas despesas de custeio, incluída entre elas os gastos com energia elétrica.

Soma-se a essas preocupações o incremento significativo das tarifas de energia elétrica, que fez com que, no âmbito do Poder Executivo do Estado do Espírito Santo, essa despesa tenha saltado da casa dos 30 milhões de reais em 2014 para cerca de 60 milhões de reais em 2015. Ainda que tais custos tenham apresentado uma queda no ano de 2016, para algo em torno de 50 milhões de reais (ESPÍRITO SANTO, 2017), a despesa com energia elétrica necessita de um sistema de gestão capaz de controlar seus níveis e impulsionar um processo de melhoria contínua da eficiência das edificações públicas. No entanto, realizar gestão do consumo de energia elétrica de uma grande gama de edificações, com diferentes usos, presentes no inventário de imóveis do Poder Executivo Estadual, tais como escolas, hospitais, unidades prisionais, edificações administrativas, dentre outras, configura-se uma tarefa bastante desafiadora.

Reforça essa importância o alerta de estudos recentes, que apontam para um peso significativo do consumo de energia em edifícios para o aquecimento global nos últimos 20 anos. Isso ocorre tanto pelo aumento da quantidade de usos de energia associados ao conforto, quanto pelo aumento do tempo médio de permanência das pessoas em edificações (PETRI et al., 2014).

Dentro dessa perspectiva, identificou-se, por meio da análise dos dados contidos nas faturas de energia elétrica, que o grande aumento dos gastos com energia elétrica entre 2014 e 2015 deu-se não só pelo aumento da tarifa, mas também pelo aumento do consumo no período, conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1: Evolução do consumo de energia elétrica por área entre 2014 e 2015.

ÁREA	Consumo 2014 (kWh)	Consumo 2015 (kWh)	Variação 2014/2015 (%)	Qtd de órgãos	Nº de UCs	Participação no Consumo 2015 (%)
SAÚDE	16.442.009	19.285.857	17,3	1	34	25,5
EDUCAÇÃO	18.633.609	19.201.850	3,0	1	427	25,4
SEGURANÇA	11.020.141	11.125.192	1,0	4	173	14,7
PRESÍDIOS E UNIDADES DE INTERNAÇÃO	11.255.105	11.306.334	0,5	2	42	15,0
IEMA, INCAPER e IDAF	1.511.470	1.464.170	-3,1	3	76	1,9
OUTROS	13.859.523	13.154.293	-5,1	35	259	17,4
TOTAL	72.721.947	75.537.696	3,9	46	1011	100

Fonte: Produção do próprio autor a partir de dados obtidos nas faturas de energia elétrica.

Para a gestão do consumo de energia elétrica, é notória a necessidade de desenvolvimento de métricas que possibilitem a análise e o monitoramento dos resultados do sistema de gestão. Assim, um dos pontos chave para a implantação de um sistema de gestão de energia é a definição dos indicadores que serão monitorados. Nesse contexto, a norma ISO 50001 estabelece que os indicadores devem relacionar o consumo de energia com variáveis relativas ao desempenho produtivo da instalação em questão. Isso evita que o controle do consumo de energia, visando sua redução, tenha como efeito colateral um prejuízo às atividades produtivas desenvolvidas. Um bom sistema de gestão de energia deve apresentar como resultado a redução do consumo, sem que isso impacte em perda de produtividade.

Assim, o presente trabalho desenvolveu-se com o objetivo de responder questionamentos do tipo: Como indicadores nos moldes da série ISO 50001 podem ser construídos? Que variáveis (e qual o peso de cada uma delas) influenciam no consumo de energia em cada tipo de edificação pública?

A resolução dessas questões apresentadas constitui os resultados mais relevantes do presente trabalho, trazendo o desenvolvimento de indicadores de desempenho energético e linhas de base energética para cada tipo de instalação, configurando-se

como um primeiro passo para a implantação da norma ISO 50001 no Poder Executivo do Estado do Espírito Santo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa pesquisa é a elaboração de uma metodologia para construção de indicadores de desempenho energético e linhas de base energética, nos moldes da série de normas ISO 50000, visando sua aplicação em cada grupo de unidades consumidoras de energia elétrica do Poder Executivo Estadual do Espírito Santo, a saber, escolas, hospitais, unidades prisionais, edificações administrativas e batalhões de polícia militar e bombeiros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o alcance do objetivo geral, almeja-se os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Avaliar os dados históricos relativos ao consumo de energia elétrica em cada unidade consumidora desta forma de energia de cada grupo de instalações;
- ✓ Identificar os níveis de influência de cada variável abordada no consumo de energia elétrica em cada grupo de instalações analisado, aplicando métodos matemáticos e estatísticos, como, por exemplo a análise fatorial e a regressão múltipla;
- ✓ Construir um ou mais indicadores para cada grupo de instalações, com base nas relações entre as variáveis abordadas, nos moldes da série de normas ISO 50000;
- ✓ Estabelecer a linha de base para cada grupo de instalações, tomando-se por referência os indicadores desenvolvidos;
- ✓ Detalhar como os indicadores e linhas de base construídos contribuem para a melhoria da eficiência energética das instalações envolvidas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SÉRIE ISO 5000X

3.1.1 ISO 50001

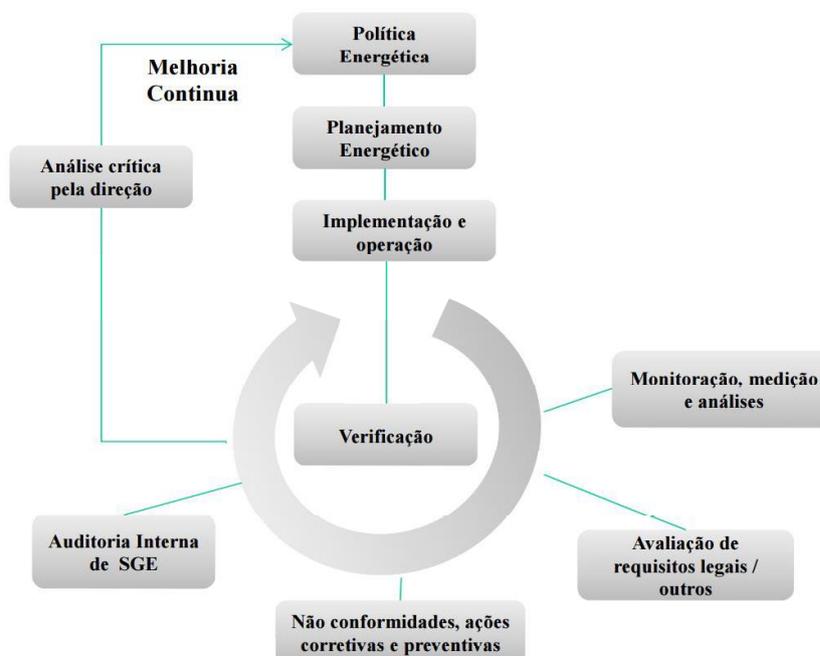
Impulsionado pelo aquecimento global e escassez de energia, os Sistemas de Gestão de Energia tornaram-se objetos de pesquisa muito visados em todo o mundo. Os primeiros sistemas de gestão de energia datam de 1976, sendo capazes de gerir e controlar o consumo de energia de instalações diversas (LEE; CHENG, 2016). A partir desse cenário, iniciaram-se, em 2008, os procedimentos para a edição da norma ISO 50001. Tendo o Brasil como signatário, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, a série de normas ISO 50000 começou a ser editada, tendo seu primeiro produto, a ISO 50001, publicada em 2011, com o objetivo de permitir às organizações o estabelecimento de sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético (ABNT, 2011).

A ISO 50001 é, basicamente, uma norma que fornece os requisitos para a implantação de um Sistema de Gestão de Energia - SGE, baseado no ciclo PDCA, *Plan-Do-Check-Act*, ou Planejar-Executar-Checar-Agir. Assim, o funcionamento das práticas de gestão dessa norma traz semelhanças com o de outras normas ISO já consagradas e amplamente adotadas nas grandes empresas, como a série ISO 9000 e a série ISO 14000. Tal fato tende a facilitar a aplicação da norma em empresas que já passaram por processos de adoção de outras ISO.

Na Figura 1 pode-se observar, na forma de um diagrama simplificado, as macro etapas necessárias para a construção de um SGE baseado nos preceitos da ISO 50001. O processo se inicia com a elaboração de uma política energética, diretamente instituída ou apoiada pela alta gestão da organização em questão. Em seguida, desenvolve-se um planejamento energético, onde a organização analisa sua situação atual do ponto de vista energético, projeta formas de acompanhamento, ações de melhoria do desempenho energético, além de metas e prazos para atingi-las. O próximo passo é a execução das ações e operação do mesmo com base nas construções oriundas do planejamento energético. Por fim, realiza-se o processo de verificação do SGE, apurando por meio de medições o seu

desempenho e avaliando os possíveis pontos de melhoria. Assim, tais pontos servem de base para um ajuste na política energética, reiniciando o ciclo.

Figura 1: Modelo de Sistema de Gestão de Energia para a ISO 50001.



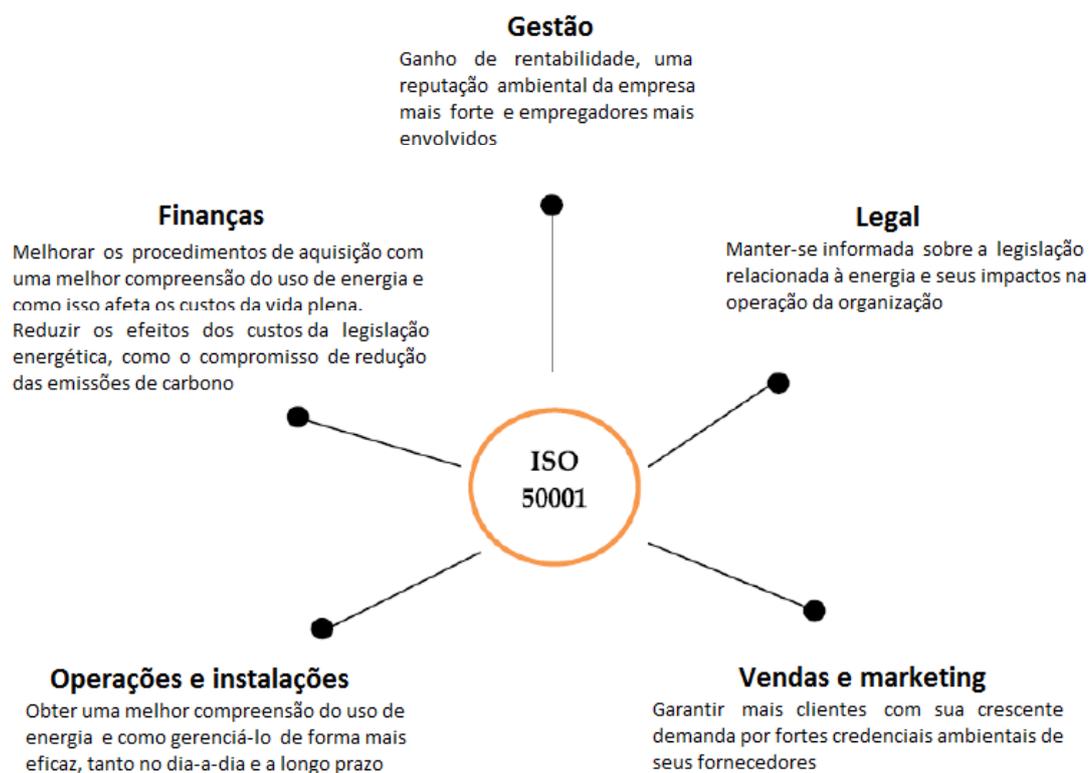
Fonte: ABNT (2011).

Um dos aspectos que se destacam nessa norma é a prática de não impor parâmetros de desempenho para a certificação das organizações que a adotarem. Dentro dessa perspectiva, é a própria organização, conhecedora de seu processo produtivo, que, na fase de planejamento, constrói os parâmetros que serão analisados, as metas a serem alcançadas e o plano de ação para atingi-las.

Por exemplo, uma indústria de produção de cimento, localizada na África do Sul, obteve, através da implantação de um Sistema de Gestão de Energia no modelo da ISO 50001, uma redução de 7,1% dos custos com energia elétrica, nas plantas de secagem onde o sistema foi aplicado. Todos os indicadores e metas para se chegar a esse resultado foram definidos pela própria empresa (SWANEPOEL et al., 2014).

Atualmente, já são numerosos e diversificados, quanto a países e a setores de aplicação, os casos de sucesso da aplicação da ISO 50001 em todo o mundo. Esse crescimento no número de certificações é impulsionado pelos benefícios esperados na implantação de um SGE baseado na ISO 50001. A Figura 2 ilustra as principais áreas que podem apresentar melhorias em organizações que adotem a ISO 50001 como guia para a implantação de um SGE.

Figura 2: Benefícios esperados da implantação da ISO 50001.



Fonte: Adaptado de Pham (2015).

Mesmo com PHAM (2015) apresentando possíveis benefícios de gestão, legais, financeiros, de marketing e operacionais, na implantação da ISO 50001, o aspecto financeiro parece ganhar mais destaque que os demais para as organizações, refletindo-se inclusive na forma de apresentação dos resultados dos SGEs implantados pelas mesmas. A LG da Coreia do Sul, por exemplo, recebeu a certificação ISO 50001 em sua fábrica em Cheongju-si, Coreia do Sul, cuja atividade se concentra no design de filmes acrílicos para módulos LCD e baterias de íon de lítio, conseguindo uma melhoria no desempenho energético de 9,39%, considerando suas fontes de energia, a saber, eletricidade, gás natural e vapor. As economias anuais neste projeto superaram US\$ 9,4 milhões em 2014, o ano da implementação do sistema de gerenciamento de energia com base no ISO 50001, com custos de US\$ 3,4 milhões, e tempo de retorno pouco maior que 4 meses (CEM, 2014).

Resultados interessantes também foram obtidos em uma indústria de cobre da Malásia, que adotou a ISO 50001 em sua fábrica, alcançando uma economia de energia de 3% já nos primeiros três meses após a entrada em vigor do SGE (MOHAMAD et al., 2014).

Outro exemplo exitoso se deu nos Estados Unidos, onde um *software* que auxilia a implantação da norma ISO 50001 apresentou resultados bastante significativos para as fábricas que o utilizaram no processo de adoção do SGE. A economia de energia variou de 2 a 5%, enquanto o tempo para a recuperação dos investimentos foram inferiores a dois anos (GOPALAKRISHNAN et al., 2014).

Na África do Sul, a aplicação dos princípios básicos da ISO 50001, em conjunto com ações de baixo custo, em um estabelecimento comercial composto de várias lojas e um restaurante, localizado na cidade de Potchefstroom, chegou a alcançar resultados de economia de energia superiores a 15% (NIESING; GROBLER, 2013). Esse ganho expressivo mostra o quanto ações de eficiência energética e gestão de energia podem impactar no consumo energético de unidades comerciais.

No entanto, outros tipos de instalações também apresentam grande margem para economia de energia. Por exemplo, um estudo em indústrias suecas eletro-intensivas apontou que uma parcela equivalente a 35% do potencial de economia de energia pode ser atribuída somente à implantação de Sistemas de Gestão de Energia nos moldes da ISO 50001, sendo que esse impacto pode ser ainda maior se forem consideradas economias relatadas de forma independente (PARAMONOVA; THOLLANDER; OTTOSSON, 2015).

Reforçando a importância da norma para o setor industrial, uma pesquisa na Turquia apontou que o potencial de economia de energia na indústria de ferro e aço, aliando-se eficiência energética com práticas de gestão de energia baseadas na ISO 50001, foi estimado em 33,7% (ATES, 2015).

Verifica-se ainda que o envolvimento da alta gestão, prática considerada fundamental pela ISO 50001, aumenta o potencial de economia de 31% para 44%, segundo trabalho realizado em indústrias de pequeno e médio porte nos Estados Unidos (BLASS; CORBETT; DELMAS, 2014).

A implantação de sistemas baseados na série ISO 50001 também pode trazer benefícios adicionais à melhoria do desempenho energético. Uma pesquisa da Universidade Nacional Técnica de Atenas, na Grécia, apresentou uma proposta de sistema integrado para a gestão do consumo energético de iluminação e climatização de edificações. Tal sistema foi baseado em aspectos da ISO 50001,

demonstrando, além de economia de energia, capacidade de redução dos custos operacionais do sistema de climatização da ordem de 4% (MARINAKIS et al., 2013).

Outro caso interessante de ser citado foi o da montadora Toyota, em sua fábrica na África do Sul, que, através da implantação de um sistema de gestão de energia baseado na ISO 50001, bem como do monitoramento do indicador determinado pela razão da energia consumida por veículo produzido, melhorou sua performance energética em mais 20% em dois anos (WESSELS, 2011).

Outro benefício que parece atrair bastante a atenção das organizações, sobretudo as governamentais, é o ganho na área ambiental. Nesse contexto, o poder público de diversos países também tem se movimentado, analisando o uso de energia em suas operações, identificando oportunidades de redução do consumo como forma de contenção de gastos e estruturando programas nacionais de eficiência energética como parte integrante dos planejamentos energéticos nacionais. Um exemplo desses esforços é o governo colombiano que, motivado por seu planejamento na área ambiental, realizou uma auditoria energética em uma de suas edificações administrativas, localizada em Bogotá, identificando a necessidade de substituições de lâmpadas e outros equipamentos, visando à eficiência energética (NIAMPIRA; HOYOS; CHAVES, 2012).

Na cidade croata de Rijeka, um projeto-piloto direcionado à iluminação pública apresentou bons ganhos em redução do consumo de energia elétrica e dos custos de manutenção e operação, além de mitigar a emissão de gases do efeito estufa. Tal resultado foi obtido através de trocas de lâmpadas e inclusão de automação (RADULOVIC; SKOK; KIRINCIC, 2011).

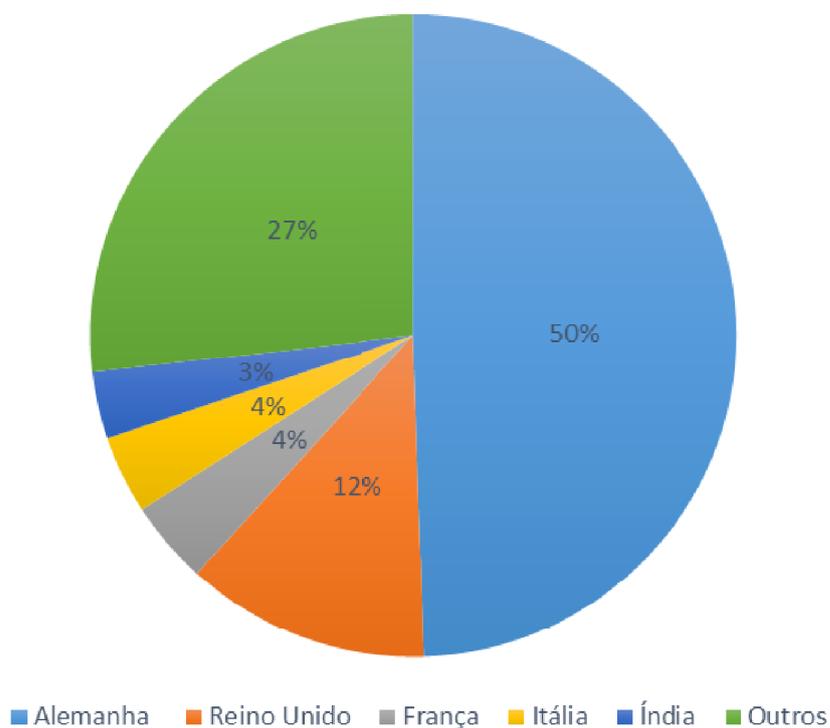
O governo esloveno, por sua vez, tem desenvolvido, desde a década de 1990, ações para melhorar a eficiência energética em domicílios, indústria e setor terciário, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa. Tais iniciativas foram implantadas não só para atender às metas acordadas na União Europeia, mas também para reduzir a dependência energética do país, e incluem desde um plano nacional de eficiência energética até legislações voltadas à área (AL-MANSOUR, 2010).

Além dos benefícios econômicos e ambientais das ações do Estado orientadas à eficiência energética, governos engajados na área, através de políticas públicas e mecanismos de incentivo, ajudam a disseminar tais benefícios para todos os setores

da sociedade (QUYEN; LE, 2012). Assim, as atitudes do poder público nas áreas de gestão do consumo de energia elétrica e eficiência energética conectam-se com a nova tendência mundial, que aponta para consumidores cada vez mais capazes de gerenciar de forma inteligente e coletiva seu consumo de energia (AMAN; SIMMHAN; PRASANNA, 2013).

Ainda que se tenha identificado um grande número de casos de sucesso na aplicação da norma ISO 50001, alguns deles citados anteriormente, a distribuição do número de certificações ao redor do mundo tem se apresentado bastante desigual, com países apresentando uma boa difusão da norma e outros ainda com resultados tímidos. Segundo Ribeiro, Cunha e Ferreira (2017), um grupo de apenas cinco países, a saber, Alemanha, Reino Unido, França, Itália e Índia concentra 73% do número total de certificações ISO 50001 no mundo, como se pode verificar no gráfico da Figura 3.

Figura 3: Concentração do número de certificações ISO 50001 por país.



Fonte: Adaptado de Ribeiro, Cunha e Ferreira (2017).

Essa grande concentração do número de certificações em poucas nações se deve, em grande parte, aos incentivos e legislações existentes nesses países, além de outros fatores que parecem ter menor peso, tais como o preço da energia e o tipo de indústria com maior ocorrência (RIBEIRO; CUNHA; FERREIRA, 2017).

Contudo, não só aspectos externos, tais como as políticas públicas nacionais de incentivo, influenciam na decisão de uma organização para implantar a ISO 50001. Jochem (2015) analisou aspectos internos pré-existentes, como, por exemplo, a estrutura hierárquica/organograma, a existência de outras certificações ISO, além de algumas práticas de gestão, e obteve resultados que indicam uma grande influência nas certificações.

3.1.2 ISO 50002

Como já mencionado anteriormente, a ISO 50001 apresenta, em linhas gerais, os requisitos e orientações para uso de um sistema de gestão de energia, cabendo às suas normas auxiliares o detalhamento de aspectos importantes da construção de um SGE por parte das organizações (ABNT, 2011). Nesse contexto, a ISO 50002 aborda com maior afinco a etapa do diagnóstico energético. Tal fase constitui-se um momento de grande relevância no desenvolvimento de um SGE em particular, ou mesmo quando se constrói uma política pública de incentivo à realização de diagnósticos energéticos em grande volume, seja na indústria ou em outros setores (ABNT, 2014).

Por outro lado, Chiaroni e outros (2017) demonstram, através de um estudo de caso em uma fábrica, que, apesar do apelo às ações de eficiência energética impulsionado pelo quadro das mudanças climáticas e incentivos regulatórios, ainda existem muitas barreiras comportamentais e estruturais nas organizações à construção de sistemas de gestão de energia, certificáveis ou não. Tais entraves, segundo demonstra o citado estudo, podem ser superadas por meio de uma metodologia bem estruturada para a elaboração de diagnósticos energéticos, exatamente o foco da abordagem da ISO 50002.

Outro estudo que destaca a necessidade de padronização na construção dos diagnósticos energéticos foi apresentado por Andersson e outros (2017). O trabalho aponta que existe um grande potencial para melhoria de eficiência energética em vários setores da economia. Observa-se, com base no referido estudo, que o caminho natural para o aproveitamento de tais oportunidades são os programas governamentais orientados às auditorias energéticas. Contudo, é importante que se padronize as tais auditorias, bem como os parâmetros de análise oriundos delas, para que os resultados dos SGEs sejam comparáveis e, por consequência, com

maior facilidade de avaliação, sobretudo quando os diagnósticos são financiados e/ou incentivados por meio de políticas públicas. O estudo também apontou que os programas avaliados apresentavam grandes divergências, inclusive em suas orientações para cálculo da relação custo-benefício.

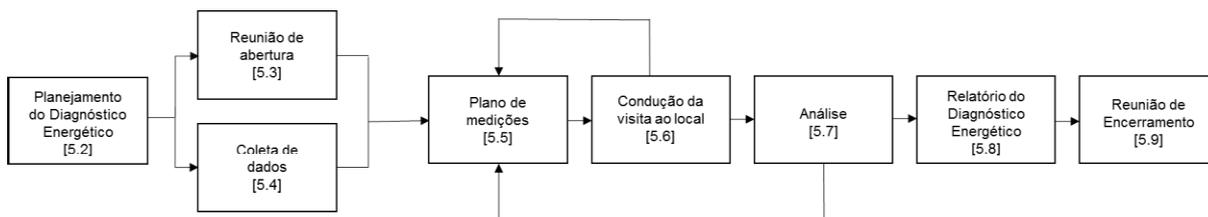
Resultados semelhantes foram obtidos por Yacine e outros (2017) em sua análise de oportunidades de economia em sistemas de condicionamento de ar em campus universitários franceses. O estudo resultou na elaboração de um protocolo para desenvolvimento de diagnósticos energéticos nesse tipo de edificação, buscando enfrentar os desafios encontrados quando das tratativas para aliar conforto térmico e eficiência energética, utilizando como ferramentas uma análise da envoltória, dos sistemas de energia e climatização das edificações abordadas.

Por outro lado, Barbeta, Canino e Cima (2015) demonstraram, por meio de uma revisão sistemática orientada aos programas de incentivo às auditorias energéticas em edificações não residenciais italianas, que os efeitos de uma má construção de métodos dos diagnósticos energéticos individualmente, ou mesmo através de uma padronização orientando vários diagnósticos energéticos, podem produzir resultados tendenciosos ou mesmo não comparáveis. Assim, uma boa construção dos diagnósticos energéticos, orientada por padronização adequada, é fundamental, não só para o sucesso da implantação das medidas de eficiência energética, mas também para a avaliação dos programas governamentais de incentivo à implantação de SGEs em edificações.

Outra pesquisa que aponta a importância da padronização e, por consequência, da certificação, é a realizada por Alcázar-Ortega e outros (2015). O trabalho, orientado para a análise da necessidade de certificação dos programas de resposta à demanda, ou, como mais abordado na literatura técnica, ações pelo lado da demanda, demonstra que, além dos benefícios já colhidos pelas normas internacionais, tais como a ISO 50001, há espaço para se ampliar um pouco mais o escopo dessas normas ou criar novas com o objetivo de conferir maior padronização e capacidade de avaliação de resultados aos programas relativos às ações pelo lado da demanda. O estudo apresenta como resultado, inclusive, uma proposta para tal padronização de forma a orientar as políticas públicas e privadas a esse respeito.

Assim, a ISO 50002 apresenta o fluxograma ilustrado na Figura 4 para a elaboração do diagnóstico energético.

Figura 4: Fluxograma do processo de diagnóstico energético.



Fonte: ABNT (2014).

Na fase do planejamento energético, evidenciada na Figura 4 como primeiro passo para o desenvolvimento do diagnóstico energético, a norma elucida a importância de haver concordância entre a organização e o consultor de energia em pontos como: escopo, fronteiras, objetivos, prazos de entrega, nível de detalhamento, disponibilidade de dados e expectativa, dentre outros, relacionados ao diagnóstico energético a ser construído. Outro aspecto importante apontado pela norma para o planejamento do diagnóstico energético é o levantamento, por parte do consultor, de informações capazes de contextualizar o diagnóstico energético quanto a requisitos e restrições regulatórios, planos estratégicos, sistemas de gestão pré-existentes e etc. Finalmente, a ISO 50002 estabelece que o consultor de energia deve informar à organização, na fase do planejamento do diagnóstico, quais materiais, serviços, equipamentos e instalações serão necessários para o desenvolvimento do diagnóstico, além de apresentar seus interesses comerciais e apontar, caso existam, possíveis conflitos de interesse (ABNT, 2014).

A segunda etapa apontada (Figura 4) é a reunião de abertura. Essa fase nada mais é do que a informação pelo consultor de energia às partes interessadas dos requisitos para o diagnóstico energético levantados no planejamento do mesmo. Outra função importante da reunião de abertura é a nomeação de membros da organização para servirem de auxiliares para o consultor nos levantamentos e atividades necessárias à elaboração do diagnóstico energético.

Outro momento importante para a elaboração do diagnóstico energético é a coleta de dados. Nessa etapa o consultor deve elaborar uma lista de sistemas que consomem energia, levantar dados de desempenho, tais como consumo de energia, variáveis relevantes, medições, histórico operacional e etc., planos futuros da organização que afetem o desempenho energético, documentação de projeto, preços de energia aos quais a organização está submetida, entre outros dados relevantes para o seu desempenho no que tange à energia.

Após a coleta de dados, seguindo o fluxograma proposto norma, chega-se ao plano de medições, momento em que se levantam os pontos de medição, variáveis a serem medidas, equipamentos utilizados, frequência de medição, período de base, responsabilidades para a execução das medições, calibração dos medidores e etc.

Em seguida, parte-se para a condução da visita ao local, onde serão observados os usos de energia da organização, sempre os comparando aos informados na coleta de dados, além da certificação de que os dados históricos levantados apresentam coerência com a operação normal da instituição.

Levantados os dados e feita a conferência através da visita *in loco*, a norma indica que o momento é de realizar a análise. Para isso, é necessário que o consultor se atente para a utilização de métodos de cálculo transparentes e tecnicamente apropriados, para a correta documentação de tais métodos, para a análise do desempenho energético atual, além de identificação de oportunidades de melhoria no desempenho energético e aspectos relativos à avaliação de tais oportunidades.

Nesse ponto, é importante ressaltar que tanto a condução da visita ao local quanto a análise dos dados podem identificar problemas que conduzam um novo plano de medições, fazendo com que o processo descrito na Figura 4 volte algumas etapas no fluxograma.

Uma outra fase importante é a confecção do relatório do diagnóstico energético no qual se apontam um resumo executivo das atividades desenvolvidas, uma contextualização, os detalhes do diagnóstico, as oportunidades de melhoria no desempenho energético levantadas, além de conclusões e recomendações finais.

Por fim, chega-se à reunião de encerramento, onde o consultor deve apresentar os resultados do diagnóstico de uma maneira que facilite a tomada de decisão dos gestores da organização, tirar as dúvidas e questionamentos que ocorrerem, além de identificar os itens que eventualmente demandem uma análise mais aprofundada.

A construção de diagnósticos energéticos, padronizada pela ISO 50002 (ABNT, 2014) e resumida pelo fluxograma apresentado na Figura 4, é de grande importância para garantir o bom desempenho de um SGE, ou mesmo o sucesso de um programa governamental orientado à eficiência energética. Exemplos na literatura científica são abundantes relativamente às práticas adotadas para a realização de tais diagnósticos.

Moya, Torres e Stegen (2016) apresentam em seu trabalho uma análise das políticas públicas do Equador relativas aos programas nacionais de auditoria energética com informações oriundas de instituições locais envolvidas em tais programas. O estudo avaliou a estrutura regulatória do país, no que tange à energia, encontrando oportunidades de melhoria nas práticas equatorianas frente ao que se normatiza internacionalmente para a realização de auditorias energéticas.

Já O'Connell e Riverso (2017) elaboraram uma metodologia para avaliação da flexibilidade para redes de medição inteligentes, caracterizando as cargas, o armazenamento e a geração no site, com base no padrão de auditoria energética apresentado pela ISO 50002.

Com foco na indústria, o trabalho de Kluczek e Olszewski (2017) mostrou, com base em seis estudos de caso, que os potenciais de conservação de energia foram de 30%, 13%, 70%, 14%, 10% e 5%, tendo como período de retorno do investimento máximo de 2 anos. O artigo também destacou a importância das auditorias energéticas nos moldes da ISO 50002, apresentando inclusive ferramentas para o desenvolvimento de tais auditorias.

O trabalho de Fresner e outros (2017) analisou as lições aprendidas com a elaboração de 280 auditorias energéticas em pequenas e médias empresas localizadas em 7 países europeus, a saber, Áustria, Bulgária, Chipre, Itália, Romênia, Eslováquia e Espanha. Para o desenvolvimento dessas auditorias, foi adotada uma metodologia baseada em modelos, nos moldes do que se apresenta como possibilidade na ISO 50001. Dentre os resultados, quanto às oportunidades de economia, destacam-se as 13.500 toneladas de emissões de carbono reduzidas ao ano, os 10 milhões de euros em investimentos com tempo de recuperação inferior a 3 anos, além da economia média de energia de 5%.

Trabalho semelhante foi realizado por Viesi e outros (2017), cuja análise se deu sobre as auditorias energéticas em 500 pequenas e médias empresas na região da Europa Central. No artigo foram abordados os principais resultados da política de incentivo às auditorias energéticas, bem como foi realizado o apontamento dos principais desafios e oportunidades.

3.1.3 ISO 50003

A ISO 50003 aborda os requisitos de competência, consistência e imparcialidade em auditorias e certificação de sistemas de gestão de energia. Nesse contexto, tal norma trata como auditoria o processo conduzido por um órgão certificador com o objetivo de avaliar os pré-requisitos para que a organização obtenha a certificação ISO 50001. Como condições a esse processo de auditoria, a ISO 50003 detalha as seguintes etapas: confirmando o escopo de certificação, determinação do tempo de auditoria, amostragem para multi-instalações, conduzindo auditorias, relatório de auditoria, auditoria inicial de certificação, auditoria de manutenção e auditoria de certificação (ABNT, 2016a).

Para confirmação do escopo, a norma estabelece que o organismo de certificação deve verificar se os limites do SGE definidos inicialmente pela organização estão sendo corretamente mantidos, evitando-se assim eventuais exclusões de instalações (ou parte das mesmas), bem como de fontes energéticas.

A determinação do tempo de auditoria obedece aos critérios presentes no Anexo A da ISO 50003. Para o referido cálculo, o primeiro passo é a obtenção do número de pessoas efetivas do SGE, contando nesse total os membros da alta direção e seus representantes, a equipe de gestão de energia, as pessoas responsáveis por grandes modificações que influenciem no desempenho energético, encarregados da eficácia do SGE, profissionais direcionados ao desenvolvimento de melhorias no desempenho energético, além de responsáveis pelo uso significativo de energia.

Findada essa contabilização, inicia-se a determinação da complexidade do SGE, baseando-se no consumo anual de energia, no número de fontes de energia e no número de usos significativos de energia. A equação (01) é utilizada para tal cálculo e a Tabela 2 fornece os fatores necessários para a aplicação da mesma.

$$C = (F_{CE} \cdot W_{CE}) + (F_{FE} \cdot W_{FE}) + (F_{JSE} \cdot W_{JSE}) \quad (01)$$

onde

C = complexidade;

F_{CE} = fator de complexidade do consumo anual de energia obtido na Tabela 2;

W_{CE} = peso do fator da Tabela 2 para o consumo anual de energia;

F_{FE} = fator de complexidade do número de fontes de energia obtido na Tabela 2;

W_{FE} = peso do fator da Tabela 2 para o número de fontes de energia;

F_{USE} = fator de complexidade do número de usos significativos de energia obtido na Tabela 2;

W_{USE} = peso do fator da Tabela 2 o número de usos significativos de energia.

Tabela 2: Critérios de complexidade energética para determinação da duração da auditoria.

Considerações	Peso	Faixa	Fator de Complexidade
Consumo anual de energia (TJ)	30%	≤ 200 TJ	1,0
		200 TJ ≤ 2000 TJ	1,2
		2000 TJ ≤ 10000 TJ	1,4
		> 10000 TJ	1,6
Número de fontes de energia	30%	1 a 2 fontes de energia	1,0
		3 fontes de energia	1,2
		≥ 4 fontes de energia	1,4
Número de significativos usos de energia (USE)	40%	≤ 5 USE	1,0
		6 a 10 USE	1,2
		11 a 15 USE	1,3
		≥ 16 USE	1,4
O organismo de certificação pode utilizar critérios adicionais àqueles especificados nesta Norma. Os critérios adicionais devem ser documentados, e os registros aplicáveis aos critérios devem ser mantidos			

Fonte: ABNT (2016a).

Calculado o valor da complexidade, o mesmo é avaliado para se determinar o nível de complexidade do SGE, como aponta a Tabela 3.

Tabela 3: Nível de complexidade do SGE.

Valor da Complexidade	Nível de Complexidade
$> 1,35$	Alto
1,15 a 1,35	Médio
$< 1,15$	Baixo

Fonte: ABNT (2016a).

Assim, determina-se o tempo de auditoria através do uso da Tabela 4.

Tabela 4: Duração mínima da auditoria para certificação inicial (homem-dia).

Número efetivo de pessoas do SGE	Complexidade		
	Baixa	Média	Alta
1-15	3	5	6
16-25	4	6	7,5
26-65	5,5	7	8,5
66-85	6,5	8	9,5
86-175	7	9	10
176-275	7,5	9,5	10,5
276-425	8,5	11	12,5
≥426	O organismo de certificação pode prever o tempo de auditoria para um número de pessoas efetivo do SGE superior a 425. Convém que este tempo siga a progressão nesta Tabela.		

Fonte: ABNT (2016a).

Por fim, caso a auditoria a ser realizada não seja para certificação inicial, e sim para manutenção ou recertificação, utiliza-se para o cálculo do tempo da mesma a Tabela 5.

Tabela 5: Duração mínima da auditoria para manutenção ou recertificação (homem-dia).

Número efetivo de pessoas do SGE	Complexidade					
	Baixa		Média		Alta	
	Manutenção	Recertificação	Manutenção	Recertificação	Manutenção	Recertificação
1-15	1	2	2	3	2	4
16-25	1,5	3	2	4	2,5	5
26-65	2	4	2,5	5	3	6
66-85	2	5	3	5,5	3	7
86-175	2	5	3	6	3	7
176-275	2,5	5	3,5	6,5	3,6	8
276-425	3	6	3,5	7	4	9
≥ 426	O organismo de certificação pode prever o tempo de auditoria para um número de pessoas efetivo do SGE superior a 425. Convém que este tempo siga a progressão nesta Tabela.					

Fonte: ABNT (2016a).

Seguindo-se o roteiro, a norma trata dos critérios para realização de amostragem em organizações que possuem muitas instalações ou mesmo que não possuem instalações fixas para a realização de sua atividade produtiva, como, por exemplo,

organizações do setor de serviços. Nesse sentido, é importante que a organização em questão possua no planejamento de seu SGE, critérios padronizados de análise e condições de se realizar *benchmarking*, quando aplicável. Um exemplo para essa definição é o estudo realizado por Longo e outros (2016), que avaliou dados de uso de energia elétrica em 600 estações de tratamento de águas residuais, chegando a conclusão de não se conseguiria realizar um comparativo com base em apenas um indicador de desempenho energético, sendo aplicável, portanto, soluções multi-variáveis para essa organização com várias instalações.

Finalmente, a norma aborda os detalhes da realização de auditoria, seja para certificação inicial, manutenção ou certificação, além de estabelecer critérios de competência para os organismos de certificação.

3.1.4 ISO 50004

A ISO 50004 constitui-se um guia para implantação, manutenção e melhoria de um SGE. Dentro desse princípio, a norma apresenta os requisitos para um SGE baseado na ISO 50001, abordando aspectos como responsabilidade da direção, política energética, planejamento energético, implantação e operação e verificação, além da análise crítica pela direção (ABNT, 2016b).

Os principais alertas da norma ISO 50004 a respeito da responsabilidade da alta direção são a exigência de comprometimento ininterrupto e a alocação contínua de recursos, bem como a comunicação interna intensa no início da implantação do SGE.

Quanto à política energética, destaca que existe a possibilidade de elaboração da mesma antes ou depois da revisão energética inicial, além disso, reforça a necessidade de revisão constante (ainda que em geral não mude drasticamente), e, por fim, aponta a dependência do apoio da alta direção para seu sucesso.

No que tange ao planejamento energético, a ISO 50004 detalha aspectos relativos aos requisitos legais e outros requisitos, à revisão energética, à linha de base energética - LBE, aos indicadores de desempenho energético - IDE, além dos objetivos energéticos, metas energéticas e planos de gestão de energia (ABNT, 2016b). Um dos destaques desses fatores é a definição, por parte da organização, das métricas, formadas pelas LBEs e pelos IDEs de análise de seu desempenho

energético. Nesse contexto, é importante que a organização coloque métricas adequadas a seu funcionamento, seus usos de energia, suas fontes energéticas e as características de seu SGE.

Um exemplo para isso é o estudo de Eras e outros (2016), que descreve uma abordagem para o desenvolvimento de IDEs direcionados para hotéis. O trabalho desenvolveu indicadores que levam em consideração a temperatura externa, tendo em vista que o consumo de energia dos sistemas de climatização é o uso mais significativo deste tipo de instalação. A metodologia desenvolvida foi testada em dois hotéis cubanos, tendo apresentado reduções nos indicadores de 10% e 11%, comparando-se a linha de base construída sobre o ano de 2013 e o desempenho no ano de 2014.

Ainda que tratada de forma geral na ISO 50004 (ABNT, 2016b), a construção de LBEs e IDEs é objeto de abordagem mais detalhada na norma editada para esse fim, a saber, a ISO 50006 (ABNT, 2016c).

Outro aspecto abordado na ISO 50004 é a implementação e operação do SGE por parte da organização. Nesse sentido, são detalhados requisitos relativos à competência, treinamento e conscientização, além de comunicação, documentação, controle operacional, projeto, aquisição de serviços, produtos e equipamentos de energia.

No quesito verificação, a norma destaca pontos relativos a monitoramento, medição, e análise, avaliação de conformidade com requisitos legais, auditorias internas do SGE, não conformidades, correção, ação corretiva e ação preventiva, além de controle de registro. A medição e a verificação são fundamentais para a correta apuração dos resultados obtidos pelo SGE e o não seguimento, com rigor, das indicações representadas pela norma, podem acarretar erros de avaliação gravíssimos. Sendo essa fase de imensa importância, um detalhamento mais apurado dos critérios e procedimentos para medição e verificação em SGEs nos moldes da ISO 50001 foi objeto de edição de uma norma específica, a saber, a ISO 50015 (ISO, 2014).

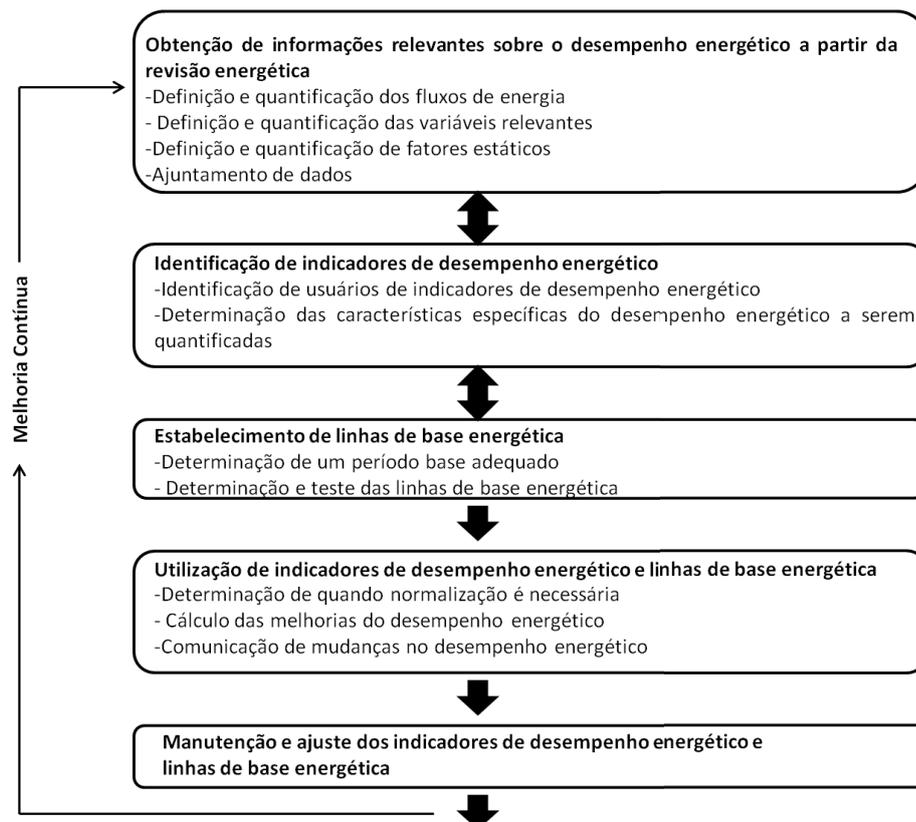
Por fim, a norma aborda a fase de análise crítica pela alta direção, destacando seu papel na determinação de que o SGE tem cumprido seus objetivos na melhoria do desempenho energético ou não, adequando-o em caso negativo. Outro ponto

importante relativo a essa análise é que a mesma deve ocorrer em uma frequência dentro da qual possam ser adotadas as medidas corretiva no SGE em questão.

3.1.5 ISO 50006

A ISO 50006 visa fornecer orientações para as organizações de como estabelecer, utilizar e manter Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) e Linhas de Base Energética (LBEs) como parte do processo de medição de desempenho energético. Para isso, a norma estabelece ser importante a obtenção de informações sobre o desempenho energético por meio do processo de revisão energética da organização, identificando IDEs adequados, estabelecendo LBEs, usando-os e ajustando-os através da avaliação dos resultados e da eficácia do SGE proposto. A Figura 5 ilustra esse fluxo de atividades necessárias à medição do desempenho energético de uma organização.

Figura 5: Visão geral da medição de desempenho energético.



Fonte: ABNT (2016a).

Nota-se, na Figura 5, que um dos destaques da norma para a identificação de IDEs adequados à organização é a determinação das características específicas do desempenho energético a serem quantificadas. Proskuryakova e Kovalev (2015),

por exemplo, exploram essa questão através da análise da intensidade energética e sua possível capacidade de expressar aspectos de eficiência energética de um país, região ou setor econômico, tendo em vista que esse parâmetro é largamente utilizado em análises macroeconômicas. O trabalho concluiu que há uma discrepância entre o conceito de eficiência energética, baseado em definições termodinâmicas, e a intensidade energética, que inclui conceitos macroeconômicos, representando somente evidências indiretas e atrasadas de eficiência energética. Dentro dessa perspectiva, o estudo recomenda que, para tais fins, desenvolva-se indicadores que incluam aspectos físicos, tecnológicos e empresariais de uma forma metodologicamente mais correta, assim como propõe a ISO 50006 (ABNT, 2016c).

Outra pesquisa que explora o desenvolvimento de indicadores de desempenho energético, porém com foco intraorganizacional, é a produzida por Benedetti, Cesarotti e Introna (2016). O trabalho procura elaborar indicadores de desempenho energético que sejam mais abrangentes, e não focados no nível físico ou econômico de um processo ou equipamento. Dessa maneira, chegou-se a uma metodologia para gerenciar o desempenho energético em indústrias com base nos requisitos apresentados pela ISO 50006.

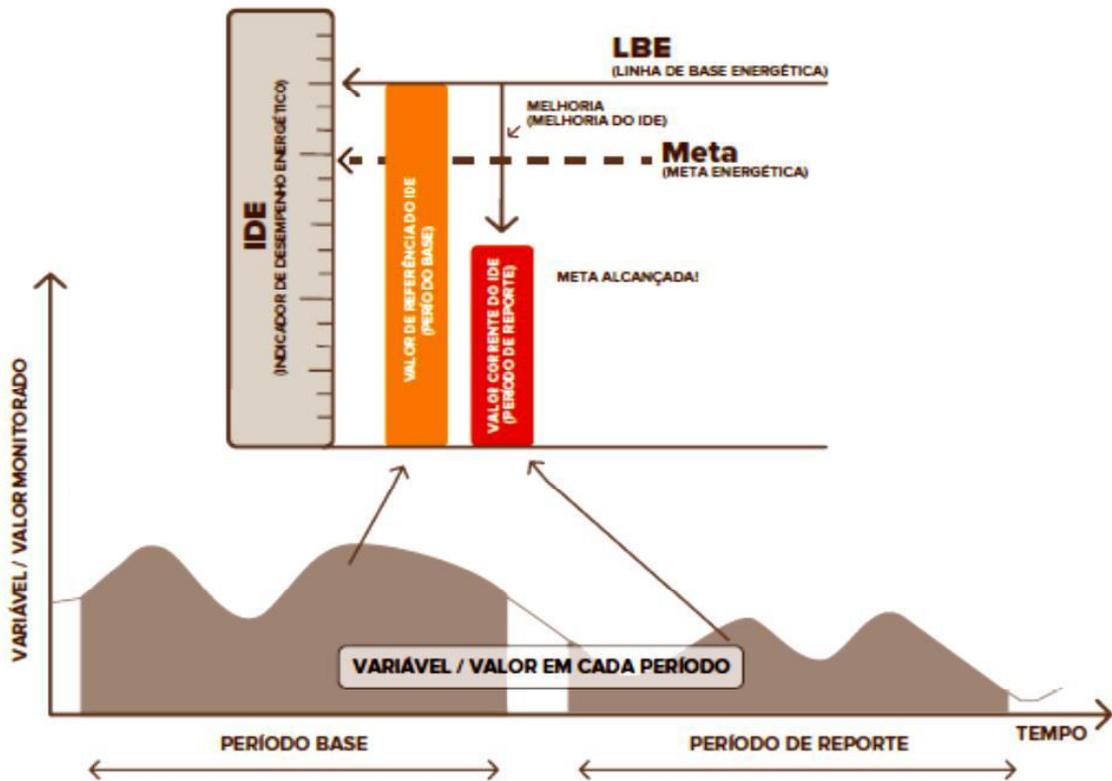
A norma ISO 50006 também detalha as relações existentes entre período de base, período de reporte, LBE, metas do SGE e IDE. Nesse contexto, estabelece que a LBE gerada pela organização, ou seja, os valores de IDEs apurados no período de base, é comparada aos valores de IDEs apurados no período de reporte, chegando-se ao resultado do ganho de desempenho energético obtido pelo SGE implantado. Outra comparação realizada no período de reporte é com as metas estabelecidas pela organização quando de seu planejamento energético.

É importante reforçar que a organização que deseja obter certificação ISO 50001 precisa desenvolver IDEs e LBEs que considerem aspectos relativos ao seu dia a dia de atuação. Sem esse procedimento, os resultados podem não possuir a relevância necessária. Por outro lado, a inclusão de variáveis desnecessárias ou pouco relevantes no modelo pode atrapalhar a execução das ações do SGE. O estudo de Liang, Hong e Shen (2016), por exemplo, avaliou diversos modelos de linha de base para SGEs implantados em edifícios comerciais. Apesar da observação de que 80% do consumo de energia dos edifícios ocorria dentro do período “útil” e, portanto, de maior ocupação, os resultados obtidos no trabalho

mostraram que a inclusão de dados de ocupação nos modelos de linha de base não melhorou significativamente a precisão dos mesmos, especialmente quando envolvidas cargas relacionadas a climatização.

O fluxo de análise do desempenho energético, bem como os conceitos associados à linha de base e período de reporte em um SGE podem ser observados na Figura 6.

Figura 6: Conceito de período de linha de base e período de reporte para um IDE.



Fonte: ABNT (2016a).

O correto seguimento dos preceitos adotados pela ISO 50001 e suas normas auxiliares, no que tange à construção de um SGE e apuração de seu desempenho, além do processo de melhoria contínua do mesmo, mostram-se de grande valia para a amplificação dos resultados. Segundo Böttcher e Müller (2016), sistemas de gestão de energia certificados apresentam resultados mais significativos dos que os que não possuem certificação. Além disso, o trabalho apontou que as boas práticas implantadas por um SGE certificável possuem efeito também na redução das emissões de carbono na atmosfera, o que, portanto, apresenta um ganho no quesito sustentabilidade para a organização.

3.1.6 ISO 50015

Sendo uma das normas da série ISO 50000 ainda não “nacionalizada”, juntamente com a ISO 50047, ou seja, que ainda não possui sua versão em português publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a ISO 50015 trata dos procedimentos para medição e verificação (M&V) de desempenho energético no âmbito dos SGEs implementados com base na ISO 50001 (ISO, 2014). A norma utiliza como base para suas práticas de M&V as recomendações do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) (EVO, 2012), editado pela *Efficiency Valuation Organization - EVO*. O principal avanço nos procedimentos de M&V trazidos pelo PIMVP foi a proposição de quatro opções de estratégias de medição que possibilitam a organização adaptar suas condições operacionais, das AEEs implantadas, de disponibilidade de materiais ou mesmo de pessoal, àquela que melhor se encaixa ao caso específico. A Tabela 6 apresenta o conceito abordado pelas citadas opções, a forma de cálculo da economia de energia em cada uma delas, bem como exemplos de aplicações típicas.

Tabela 6: Visão Geral das opções do PIMVP.

Opção do PIMVP	Como calcular a economia	Aplicações típicas
A. Medição Isolada da AEE: Medição dos parâmetros-chave. A economia é determinada por medições no campo dos parâmetros chave.	Cálculo de engenharia do consumo da linha de base e do consumo do período de determinação da economia a partir de: medições a curto prazo ou contínuas de parâmetros chave de funcionamento; e valores estimados. Ajustes de rotina e não de rotina como exigido.	A AEE da iluminação onde a potência requerida é o parâmetro chave de desempenho energético, medido periodicamente. Estimar as horas de funcionamento da iluminação com base nos horários do edifício e no comportamento dos ocupantes.
B. Medição isolada da AEE: Medição de todos os parâmetros. A economia é determinada pela medição no campo do consumo de energia do sistema afetado pela AEE.	Medições a curto prazo ou contínuas do consumo da linha de base e consumo do período de determinação da economia, e/ou cálculos de engenharia, usando medições de representantes do consumo de energia.	Aplicação de variador de velocidade ajustável (variador de frequência) e controle de motor para ajustar o fluxo da bomba. Medir a potência elétrica com um medidor de kW instalado na alimentação elétrica do motor, o qual lê a potência a cada minuto.
C. Toda a Instalação: A economia é determinada pela medição do consumo de energia em nível de toda a instalação ou subinstalação.	Análise dos dados do medidor da linha de base de toda a instalação e do período de determinação da economia. Ajustes de rotina como exigido, usando técnicas tais como uma simples comparação ou análise de regressão.	Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma instalação. Medição do consumo de energia com os medidores de gás e eletricidade das concessionárias para um período da linha de base de 12 meses e durante o período de determinação da economia.
D. Simulação calibrada: A economia é determinada através da simulação do consumo de energia de toda a instalação, ou de uma subinstalação.	Simulação do consumo de energia, calibrada com dados de faturamento por hora ou mensal da concessionária (medidores de consumo de energia final podem ser usados para ajudar a refinar dados de entrada).	Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas em uma instalação, onde não existia nenhum medidor no período da linha de base.

Fonte: Adaptado de EVO (2012).

Nota-se que os procedimentos adotados em cada opção do PIMVP visam possibilitar a composição de um dado seguro e confiável da economia de energia alcançada por uma ação de eficiência energética, ou mesmo pela implantação de um SGE. Esse fator é fundamental, tendo em vista que muitas AEEs e, por consequência, muitos SGEs são realizados com base em contratos junto a empresas ou profissionais liberais especializados, cuja remuneração depende diretamente da apuração do desempenho. Soma-se a isso o fato de que boa parte dos recursos envolvidos na implantação de AEEs e SGEs são oriundos de políticas públicas de incentivo, com taxas diferenciadas, e que, portanto, carecem de uma comprovação altamente confiável da economia, permitindo inclusive posteriores processos de auditoria.

Dentro dessa perspectiva, o mundo acadêmico tem se debruçado tanto na proposição de novas estratégias de medição e verificação de performance como em processos de avaliação da conformidade dos métodos existentes. Granderson e outros (2016), por exemplo, realizaram um estudo com dados relativos a 537 edifícios comerciais. O trabalho testou as métricas obtidas por dez tipos de LBEs, avaliando principalmente o efeito da redução do período de base frente à confiabilidade do modelo. Os resultados obtidos concluíram que os modelos possuem boa confiabilidade, com erro quadrático médio inferior a 25% em todos os modelos cujo período de base adotado tenha sido igual ou superior a seis meses.

Já Ke, Yeh e Su (2017) replicaram um algoritmo para elaborar uma solução “na nuvem” para medição e verificação de desempenho energético. O resultado foi um sistema capaz de calcular automaticamente, e em tempo real, o desempenho energético, com a vantagem de poder ser aplicado a todas as AEEs. Os autores ainda destacam que o modelo abordado é útil na facilitação do desenvolvimento de programas de eficiência energética, seja pela própria organização ou mesmo por contratos de performance junto às Empresas de Serviços de Conservação de Energia - ESCOs.

Além da abordagem por artigos científicos, os procedimentos do PIMVP (EVO, 2012) também são explorados por órgãos e entidades gestoras e certificadoras de programas de eficiência energética. Um bom exemplo desse enfoque pode ser encontrado no Guia de M&V editado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (ANEEL, 2013). O guia procura aplicar os conceitos do PIMVP adaptando-os

à realidade do Programa de Eficiência Energética gerido pela agência e executado pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, que disponibilizam, por força de lei, 0,5% de sua receita operacional líquida para investimento em AEEs. Além do guia em si, a agência organizou uma série de exemplos de relatórios, planilhas para cada tipo de AEE, bem como vídeos que visam auxiliar os profissionais envolvidos nos procedimentos de M&V de performance energética.

3.2 DESENVOLVIMENTO DE INDICADORES DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

De acordo com ABNT (2011), os indicadores de desempenho energético, ou IDEs, devem ser definidos pela organização que deseja aplicar o SGE, de maneira adequada ao monitoramento e à medição do desempenho energético da mesma. Como todas as etapas da implantação da norma ISO 50001, a metodologia de definição dos citados indicadores deve ser corretamente registrada e documentada, sendo necessárias revisões periódicas. Os IDEs devem expressar o comportamento da organização quanto ao consumo de energia. Uma boa prática é fazer com que o IDE relacione o consumo de energia a algum parâmetro produtivo regularmente medido pela organização. A norma deixa como opção a adoção de métricas simples, como, por exemplo, o apresentado pela fábrica da Toyota, relacionando consumo de energia com veículos produzidos (WESSELS, 2011), modelos estatísticos mais complexos envolvendo mais variáveis ou ainda modelos de engenharia usados como base para simulações.

Diferentes técnicas e metodologias para elaboração de IDEs têm sido estudadas na comunidade acadêmica e nas empresas. Tais técnicas e metodologias englobam métodos de previsão, aqueles que envolvem simulação computacional e outros (BAKAR et al., 2015).

É importante ressaltar que a forma como se desenvolve um IDE, por meio do uso das técnicas propagadas pela série ISO 50000, difere do simples significado de um consumo específico. A definição de um índice calculado pela divisão do consumo de energia elétrica de uma escola pelo número de alunos da mesma, por exemplo, ignora que fatores como a variação de temperatura ao longo dos meses influencia no valor calculado. Isso faz com que o consumo específico não reflita corretamente

o desempenho energético da unidade, não satisfazendo, portanto, a principal premissa para um IDE.

Assim, é de grande relevância levar em conta as variáveis independentes, ou seja, aquelas que externamente influenciam o desempenho energético de uma instalação quando da construção dos IDEs e das LBEs.

Uma prática comum em SGEs com relativa complexidade é a opção por apresentar modelos multivariáveis para a construção de IDEs e LBEs. Essa foi, inclusive, a opção realizada na presente pesquisa. Para construção de tais modelos, geralmente lança-se mão de ferramentas estatísticas, como, por exemplo, a Regressão Linear Múltipla. Segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), a análise multivariada de dados é o campo adequado da estatística para lidar com abordagens analíticas que consideram o comportamento de muitas variáveis simultaneamente. Nesse contexto, a Regressão Linear Múltipla é uma técnica apropriada quando o objetivo é analisar a relação entre uma determinada variável dependente com um conjunto de variáveis independentes.

Na literatura científica, é grande o número de trabalhos que desenvolvem indicadores de desempenho energético, ou mesmo visam prever o consumo de energia de uma determinada edificação, partindo de métodos estatísticos. Tais métodos lançam mão de dados históricos do consumo de energia e outras variáveis pertinentes, utilizados para treinar modelos e estimar seu desempenho (ZHAO; MAGOULÈS, 2012). Bauer e Scartezzini (1998), por exemplo, desenvolveram um método, com base em correlação, para possibilitar o cálculo de fator de ganhos livres em períodos de aquecimento e resfriamento em edificações que combinam os dois usos. Outro exemplo do uso das técnicas estatísticas multivariadas para investigar aspectos relativos ao consumo de energia elétrica foi o trabalho de Cho e outros (2004). Tal pesquisa investigou a influência do período de medição na confiabilidade dos modelos de previsão de consumo de energia de sistemas de aquecimento em edificações, chegando a resultados que mostravam uma forte relação entre as variáveis analisadas.

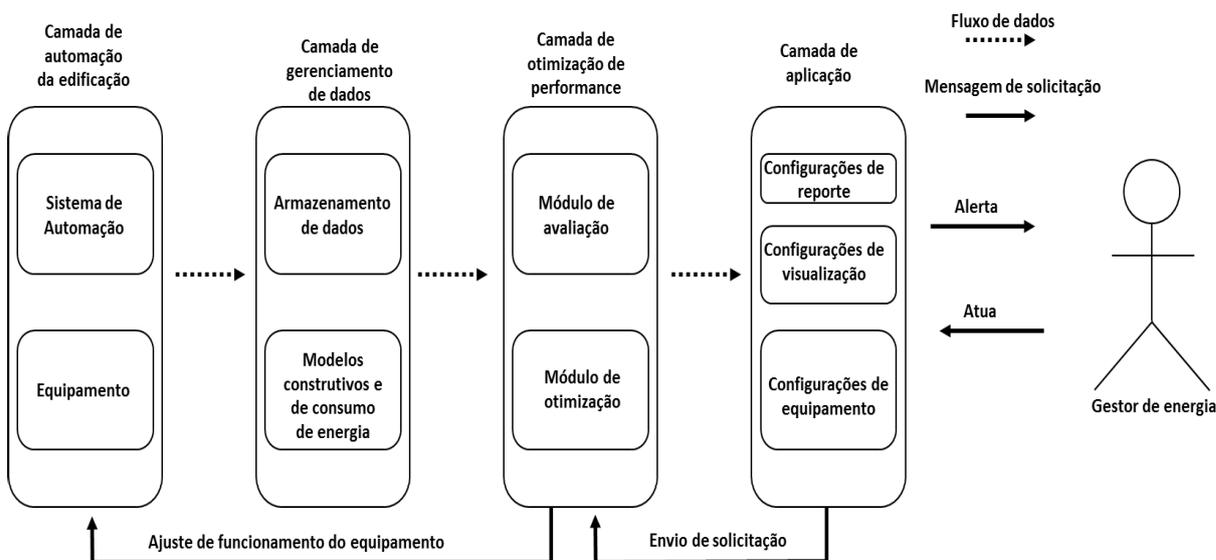
Um trabalho semelhante, no que tange ao uso de energia abordado, a saber, sistemas de aquecimento, foi realizado por O'Neill e O'Neill (2016). Nesse artigo foi desenvolvido um modelo gráfico probabilístico, baseado em redes Bayesianas, e testado com dados reais. Para a construção desse modelo, os autores utilizaram

cada nó da rede representando uma variável independente como, por exemplo, a temperatura ambiente. As relações entre tais variáveis são estimativas probabilísticas com capacidade de “aprendizado” com a evolução do modelo. Assim, os resultados obtidos mostraram que o modelo desenvolvido estima bem o consumo de energia do sistema de um edifício de escritórios, com base nos critérios de avaliação existentes nas normas vigentes.

Contudo, não somente para realizar modelos de IDEs e LBEs os métodos estatísticos multivariáveis são utilizados em SGEs. Em alguns casos, os modelos desenvolvidos procuram não somente analisar o desempenho energético da organização e sua capacidade de obter um panorama confiável de tal desempenho, como também servirem de base para ações ativas de controle do consumo energético da instalação. Benedetti e outros (2016) basearam-se em redes neurais, treinadas com dados relativos a empresas com consumo de energia intensivo, para desenvolver uma metodologia de automação e controle do consumo de energia da instalação. Um dos focos do trabalho desenvolvido foi automatizar o processo de gestão de energia, tendo em vista o grande volume de trabalho existente na manutenção de um SGE que apresente bons resultados e a escassez de mão de obra exclusiva para o SGE dentro das organizações. Outro desafio existente na maioria dos SGEs é a indisponibilidade de um grande volume de dados históricos. Para superar essa barreira, o trabalho também expôs um método para identificar o período mínimo de coleta de dados para obter resultados confiáveis e o período máximo de usabilidade.

A versatilidade dos métodos multivariáveis, como já foi mostrado, possibilita seu uso para diversos fins dentro da proposta de SGEs. Outro exemplo da adoção da modelagem multivariável pode ser visto no trabalho de Cavalheiro e Carreira (2016). Tal artigo propõe um modelo para um Sistema de Gestão de Energia em uma edificação, aplicável a diversos usos de energia e tamanhos de prédios, desenvolvido de acordo com metodologias padrão de modelagem multidimensional. O estudo avaliou o modelo junto a usuários com experiência em gestão de energia predial, tendo obtido retorno bastante positivo quanto aos aspectos de adaptação à complexidade, usabilidade e adaptação às métricas de projeto. Na Figura 7 encontram-se a organização e os componentes referentes ao SGE proposto.

Figura 7: Componentes do sistema de gestão de energia predial proposto.



Fonte: Adaptado de CAVALHEIRO e CARREIRA (2016).

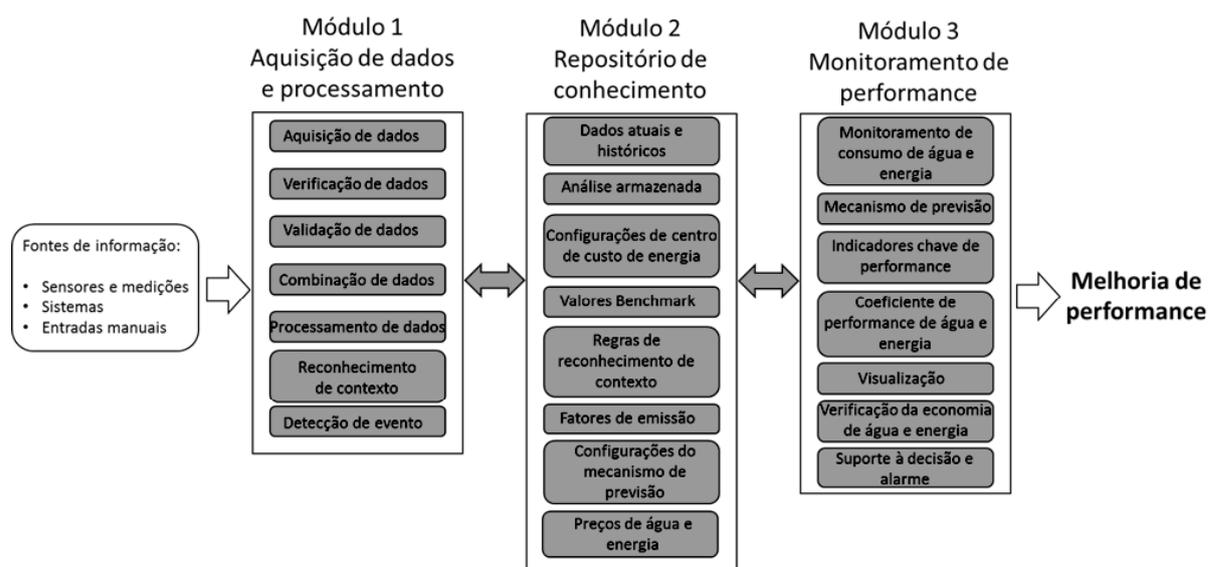
Outro trabalho que utilizou análise multivariada de dados para desenvolvimento de indicadores para auxiliar a implantação de um SGE na indústria foi o elaborado por Chen, Peng e Yu (2016). A pesquisa teve como foco uma indústria de semicondutores na Tailândia, que apresentava grande consumo de energia, e se baseou em um modelo de avaliação de desempenho energético fundamentado na estrutura de análise de decisão, utilizando dados práticos e teóricos no desenvolvimento do modelo. Como resultados, o método desenvolvido reduziu 23,5 GWh por ano de energia elétrica, além de aproximadamente 15.000 toneladas de emissões de CO₂ evitadas.

Afora o ponto de vista do alcance dos resultados e da capacidade do SGE identificar corretamente os usos de energia e propor melhorias no desempenho energético, as análises multivariadas podem fornecer outros campos de estudo úteis para outras abordagens relativas ao desenvolvimento de SGEs certificáveis. Gianni e Gotzamani (2015), por exemplo, utilizaram dados empíricos e teóricos para analisar a possibilidade de integração entre sistemas de gestão, por meio de um estudo de caso. O trabalho identificou que não somente a perda de interesse da alta gestão foi a causa do abandono do modelo integrado, mas que também houve forte influência da interdependência não tratada corretamente. Por fim, os autores ainda propõem um roteiro de análise para identificar as causas nas falhas de integração entre sistemas de gestão, destacando a complexidade que envolve tal integração.

Já Tomašević e outros (2015) usaram a análise multivariada de dados para propor um SGE baseado em um histórico completo da instalação em questão, contendo uma grande variedade de dados, tais como: dados técnicos de fornecedores, tipos de dados, protocolos de comunicação e etc., relacionados ao consumo de energia. O enfoque do trabalho foi a discussão dos procedimentos para implantação de um sistema informatizado, tendo obtido resultados que mostraram que a metodologia de antologia empregada foi útil para melhorar a interoperabilidade e gerenciamento de energia em infraestruturas complexas.

A ideia de um sistema informatizado que atue com vistas ao desempenho energético também é explorada por Sučić, Anđelković e Tomšić (2015). Com foco em edifícios, o trabalho buscou apresentar uma proposta para um sistema de monitoramento e controle diretamente conectado com a otimização do consumo de energia elétrica, baseado na metodologia PDCA. Na Figura 8, pode-se observar a arquitetura básica do sistema desenvolvido pelos citados pesquisadores. Os resultados apurados com o uso da arquitetura aventada chegaram a 15% de economia de energia, impulsionados pela correta visualização e conscientização dos usuários possibilitadas pelo uso do sistema.

Figura 8: Proposta de arquitetura de sistema de monitoramento do consumo de energia.



Fonte: Sučić, Anđelković e Tomšić (2015).

Por fim, nota-se, pelos exemplos de publicações científicas apresentados, que o campo da análise multivariada para se chegar a IDEs dentro de SGEs, certificáveis ou não, é vasto e indica que o presente trabalho se encontra diretamente conectado com as tendências relativas à gestão de energia em todo o mundo.

4. METODOLOGIA

A pesquisa realizada pode ser classificada, segundo critérios adotados por Gil (2008), sob dois aspectos: quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos. No que se refere aos objetivos, a pesquisa se encaixa como explicativa, uma vez que visou identificar os fatores que influenciam no consumo de energia de cada tipo de instalação pública. Já quanto aos procedimentos técnicos, o atual trabalho pode ser classificado como documental, devido ao fato de os dados estarem contidos em tabelas e relatórios oficiais que ainda não receberam tratamento analítico com os objetivos elencados.

A fim de se alcançar os objetivos específicos, realizou-se, previamente, uma consulta aos órgãos da administração pública estadual envolvidos para obter os dados relativos às suas atividades fim. Nesse levantamento, obteve-se o leque mais abrangente possível de variáveis das instalações envolvidas, tendo, tais variáveis, evidente relação com o consumo de energia ou não. Além dos dados efetivamente medidos, foram estudados, junto aos órgãos, as características principais das medições, tais como a periodicidade, recorte histórico, setor responsável e o método utilizado para a realização das mesmas, dentre outros. Tais investigações visaram à correta documentação da origem dos dados, registrando-a como parte dos procedimentos recomendados pela ISO 50001 para a implantação de um SGE.

Cabe destacar que o monitoramento das atividades por meio de dados medidos constantemente é condição pré-existente, sendo inclusive de responsabilidade de setores específicos dentro dos órgãos envolvidos. Como exemplos, pode-se citar a Gerência de Informação e Avaliação Educacional, na Secretaria de Educação, o Núcleo Especial de Informações Estratégicas, na Secretaria de Saúde, e a Diretoria de Administração Geral dos Estabelecimentos Penais, na Secretaria de Justiça.

É significativa a relevância de se levar em consideração aspectos relativos à produção, bem como aspectos humanos quando da elaboração de um sistema de gestão energética. A não observância desse ponto é um erro comum nesses processos de construção dessa fase (SUCIC et al., 2015). Este fato é que o motivou a inclusão de dados das atividades desenvolvidas em cada grupo de unidades consumidoras na formação de indicadores de eficiência energética nos moldes da ISO 50001.

No caso dos dados relativos às instalações da área de saúde, o caminho adotado para a obtenção dos mesmos foi o sistema TABNET (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017), disponibilizado pelo Governo Federal. Tal plataforma reúne informações de todos os hospitais que prestam serviços no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS, por meio de seu módulo que contabiliza a produção hospitalar, a saber, o Sistema de Informações Hospitalares - SIHSUS. Dentro deste sistema, é possível obter relatórios mensais customizáveis, apresentando opções e organizados por região, por procedimento médico, por grupo de procedimento médico, por tipo de financiamento, dentre outras, conforme ilustrado na Figura 9 a seguir.

Figura 9: Sistema para obtenção de relatórios de informações hospitalares.

► DADOS DETALHADOS DAS AIH - POR LOCAL INTERNAÇÃO - ESPÍRITO SANTO

Linha	Coluna	Conteúdo
Ano/mês atendimento	Ano/mês atendimento	Quantidade aprovada
Ano atendimento	Ano atendimento	Valor aprovado
Estabelecimento	Grupo procedimento	
Procedimento	Subgrupo proced.	

► PERÍODOS DISPONÍVEIS

Abr/2017
Mar/2017
Fev/2017
Jan/2017
Dez/2016
Nov/2016

► SELEÇÕES DISPONÍVEIS

- Município
- Região de Saúde (CIR)
- Macrorregião de Saúde
- Divisão administ estadual
- Microrregião IBGE
- Região Metropolitana - RIDE
- Estabelecimento
- Procedimento Principal
- Grupo Procedimento Principal
- Subgrupo Proced.Principal
- Forma organização Principal
- Procedimento
- Grupo procedimento
- Subgrupo proced.
- Forma organização
- Complexidade
- Tipo de Financiamento
- SubTipo de Financiamento
- Serviço/Classificação
- CBO do Profissional

Fonte: Ministério da Saúde (2017).

Os relatórios gerados para fins de tratamento dos dados, e, portanto, considerados os mais úteis para a presente pesquisa, organizavam dados de número de procedimentos hospitalares reunidos por hospital, sendo esse dado a linha da tabela

gerada, e por grupo de procedimento, resultando em uma coluna da tabela. A organização por grupos de procedimentos mostrou-se mais eficaz para captar o volume de trabalho de cada instalação. Os oito grupos de procedimentos utilizados para que o sistema organizasse os atendimentos computados são os seguintes:

1. Ações de promoção e prevenção em saúde
2. Procedimentos com finalidade de diagnóstico
3. Procedimentos clínicos
4. Procedimentos cirúrgicos
5. Transplante de órgãos, tecidos e células
6. Medicamentos
7. Órteses, próteses e materiais especiais
8. Ações complementares de atenção à saúde

Os dados utilizados para as análises multivariadas contemplaram os procedimentos médicos realizados em um período de 24 (vinte e quatro) meses, entre maio de 2015 e abril de 2017.

Assim, foi possível analisar a influência de cada uma das oito variáveis supracitadas nos resultados finais do modelo de regressão linear múltipla adotado, via avaliação dos valores de R^2 . Por meio de tais análises, excluiu-se dois grupos de procedimentos hospitalares, a saber, 1. Ações de promoção e prevenção a saúde e 5. Transplante de órgãos, tecidos e células, dado que os mesmos se apresentaram insignificantes para a qualidade do referido modelo.

Ao contrário do que ocorreu nos dados de instalações da área da saúde, as informações relativas às unidades consumidoras relacionadas à educação foram obtidas diretamente junto à secretaria estadual destinada a esse fim. A razão para isso é que não há, atualmente, um sistema com dados atualizados mensalmente, e com o detalhamento necessário, em nível federal. Assim, para o caso das escolas, as informações foram passadas por meio de planilhas construídas pelo próprio órgão por ocasião de levantamentos internos junto às unidades escolares estaduais e com base no sistema de controle de matrículas.

Os dados fornecidos eram detalhados por escola e por mês, contendo informações tais como: número de alunos de ensino fundamental, número de alunos de ensino médio, presença de piscina na unidade escolar ou não, presença de quadra

poliesportiva na escola ou não, turnos de funcionamento, área construída externa e interna, dentre outros. Como os dados são levantados pelo próprio órgão, e, portanto, o acesso é controlado pelo mesmo, trabalhou-se com os dados mais recentemente obtidos, a saber, referentes ao ano de 2015.

Analisando-se as variáveis medidas quanto ao seu peso no modelo de regressão linear, de maneira semelhante ao que foi realizado para os hospitais, eliminou-se as que não influenciavam significativamente os resultados, restando apenas quatro (área construída, número de alunos do ensino fundamental, número de alunos de ensino médio e número de dias letivos no mês).

Quanto às edificações administrativas, as informações foram obtidas por meio do novo sistema eletrônico de protocolo, implantado pelo governo estadual, em alguns órgãos, no ano de 2016. Dentre os avanços obtidos por tal sistema está a eliminação do boletim de andamento de processo em papel. Assim, os andamentos dos processos administrativos passaram a ser registrados praticamente em tempo real, possibilitando melhor acompanhamento do volume de processos tramitados por órgão em um determinado período de tempo, variável que identificou-se ser importante para a produtividade apurada nesse tipo de edificação.

Dentro dessa perspectiva, obteve-se junto ao Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação do Espírito Santo - PRODEST, o número de processos tramitados por mês em relação às quatro secretarias cujas edificações administrativas serviram para o desenvolvimento e testes do IDE elaborado, a saber, Secretaria de Gestão e Recursos Humanos - SEGER, Secretaria da Fazenda - SEFAZ, Secretaria de Saúde - SESA e Secretaria de Educação - SEDU. O período dos dados obtidos foi de maio de 2016 a abril de 2017. As análises mostraram que, por conta das características diferenciadas das edificações citadas, pois umas atendiam diretamente ao público, outras exerciam atividades cujo número de processos administrativos gerados era reduzido, dentre outras peculiaridades, não se obtinha sucesso em um modelo de regressão único para todo o grupo de instalações, e sim quando se adotava um modelo para cada edificação, com sua respectiva base dados.

No caso das instalações prisionais, a variável obtida foi o número médio mensal de presos em cada presídio. Tal variável, em conjunto com a temperatura ambiente média mensal, mostrou-se suficiente para se obter um modelo de regressão linear múltipla satisfatório.

Por fim, quanto aos dados das atividades fim desenvolvidas pelos batalhões da Polícia Militar, houve maior dificuldade de acesso. Dentro dessa perspectiva, adotou-se como variável independente o único quantitativo com base de dados anterior que tangenciava a atividade policial, a saber, o número de viaturas utilizadas em determinado mês.

Ademais, para todos os grupos de instalações foram testadas as correlações com a temperatura ambiente média mensal em cada município onde as unidades se localizam. Tal teste se deu devido ao grande peso, previamente conhecido por meio de relatórios internos, dos sistemas de climatização das edificações no que se refere ao consumo de energia elétrica das mesmas. Os dados de temperatura para a análise foram obtidos através do sistema disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, em seu sítio eletrônico (INMET, 2017). Tal sistema possibilita a obtenção da temperatura média diária em uma determinada cidade, com a qual foi produzida uma média mensal no âmbito da presente pesquisa, de forma a adequar-se os dados à periodicidade das medições de consumo de energia elétrica das unidades.

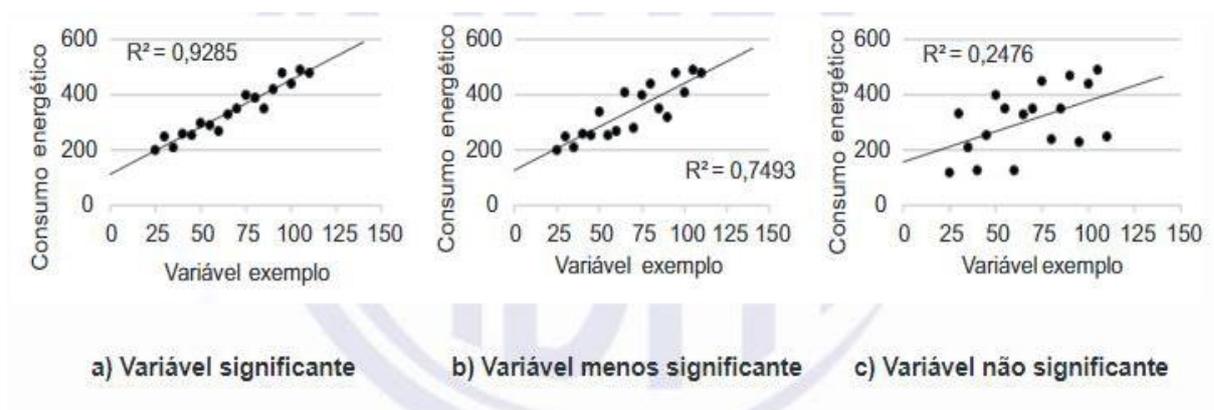
De forma conjunta ao início da coleta dos dados juntos aos órgãos e sua organização, teve início a busca pelo primeiro objetivo específico, a saber, avaliar os dados históricos relativos ao consumo de energia elétrica em cada unidade de cada grupo de instalações. Neste momento, já se encontrava, previamente, em posse do autor da pesquisa, uma grande gama de dados relativos ao consumo de energia de todas as unidades consumidoras do Poder Executivo Estadual. Esses dados são oriundos da base de faturamento mensal da concessionária EDP ES (antiga EDP Escelsa), regularmente enviados nos últimos seis anos para a SEGER, para que a mesma atuasse na gestão do consumo de energia e das intervenções contratuais. Os dados existentes já contemplavam informações como consumo no horário de ponta, consumo no horário fora ponta, demanda registrada na ponta, demanda registrada fora de ponta e etc., além de campos de cadastro das unidades, estando disponível tudo o que seria preciso para identificar corretamente a instalação.

Conforme exposto por Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), e já mencionado anteriormente, a Análise Fatorial toma como entrada um conjunto de variáveis independentes, reduzindo tal número de variáveis de forma a eliminar as que possuem fraca correlação com a variável dependente. Assim, como ponto de partida

para se alcançar o terceiro objetivo específico, imaginava-se, no âmbito do presente projeto, a aplicação da técnica de Análise Fatorial de forma a elencar, dentre as variáveis independentes, a saber, os dados obtidos juntos aos órgãos, as que possuem maior correlação com a variável dependente, ou seja, o consumo de energia elétrica.

Contudo, a ISO 50006 apresenta uma alternativa para a seleção das variáveis a serem consideradas para o cálculo dos IDEs. Tal norma destaca o conceito de variáveis relevantes, ou seja, que possuem maior peso para o consumo de energia da organização. Na Figura 10, pode-se observar, graficamente, os diferentes níveis de significância de uma variável típica frente ao consumo de energia. O parâmetro para o descarte ou inclusão de tal variável no modelo de indicador proposto é o valor de R^2 , chamado no campo da estatística de coeficiente de correlação linear de Pearson (ABNT, 2016c).

Figura 10: Variáveis com diferentes níveis de significância.



Fonte: ABNT (2016c).

Além das variáveis relevantes, cabe ressaltar que a ISO 50006 também introduz o conceito de fatores estáticos, ou seja, grandezas que eventualmente podem afetar o consumo de energia, mas não apresentam variação significativa no período de base. Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa identificou para cada grupo de instalação as variáveis relevantes, com o objetivo de elaborar um IDE para cada um deles e, por consequência, uma LBE.

A esse conjunto reduzido de fatores, ou variáveis relevantes, foi aplicada a técnica de Regressão Múltipla, capaz de quantificar os pesos de cada variável selecionada

no comportamento do consumo de energia elétrica, chegando-se assim ao segundo objetivo específico.

Em seguida, foi possível avançar ao terceiro objetivo específico, elaborando indicadores de desempenho energético para cada grupo de instalações, tendo como base as relações levantadas entre as variáveis envolvidas.

Por fim, chegou-se a um grupo de indicadores, os quais foram submetidos a testes estatísticos, de forma a verificar sua conformidade com os objetivos de um IDE elaborado nos moldes da ISO 50001. Sendo esses IDEs satisfatórios, alinhou-se, para cada grupo de instalações, uma metodologia de construção de uma linha de base que servirá de ponto de partida para a implantação futura da ISO 50001 em toda a estrutura administrativa do Governo do Estado do Espírito Santo.

O processo de construção da linha de base, para cada grupo de instalações, utilizou o modelo de regressão adotado para a construção dos indicadores como ponto de partida de um futuro SGE a ser implantado. Para isso adotou-se, para cada um dos grupos de instalações, os seguintes passos:

- a) Cálculo de um modelo de regressão que se ajustasse à base de dados do conjunto de instalações na amostra, para cada grupo específico;
- b) Para cada instalação de cada grupo, individualmente, cálculo do indicador obtido pela razão entre o consumo de energia elétrica medido e o valor calculado pela regressão;
- c) A construção da linha de base, para cada instalação, individualmente, traçada com os valores calculados por meio da equação de regressão.

Após a realização dos supracitados passos, o desempenho energético apurado para uma determinada instalação, por meio do indicador construído, foi comparado com uma linha de base que representa o consumo esperado para aquela instalação na perspectiva da regressão, que contempla todo o conjunto de instalações do mesmo grupo. Ou seja, o processo de construção do indicador, e da linha de base para cada instalação, tem como objetivo final a comparação adequada de uma instalação específica com todas as demais do mesmo grupo. Assim, seria possível o estabelecimento de metas de melhoria do desempenho energético, nos moldes da série ISO 50000, trazendo ganhos para cada instalação incluídos no futuro SGE a ser implantado.

Finalmente, com o desenvolvimento da metodologia descrita, bem como os resultados obtidos, espera-se contribuir cientificamente para o assunto abordado, além de produzir futuros ganhos econômicos e ambientais à sociedade capixaba.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que as análises se deram por grupos de unidades consumidoras semelhantes, com dados específicos utilizados para cada um deles, os resultados a seguir foram tratados e relatados dessa mesma forma.

5.1 HOSPITAIS

Seguindo o fluxo adotado pela ISO 50006, evidenciado na Figura 5, o primeiro passo para a implantação de um processo de melhoria contínua em um SGE é a obtenção de informações relevantes sobre o desempenho energético a partir da revisão energética (ABNT, 2016c). Nesse sentido, definiu-se os limites dos indicadores de desempenho energético como toda a instalação dos hospitais estaduais. As informações quanto ao uso de energia dos hospitais foram obtidas a partir da análise dos relatórios desenvolvidos pela empresa Ética Engenharia, por meio do contrato SEGER 016/2011 (ÉTICA, 2011a), que elaborou diagnósticos energéticos de 30 instalações do Poder Executivo Estadual, sendo 7 hospitais. Como não é possível, até pelo volume de dados, uma análise fundamentada em todos os hospitais, tomou-se como base as informações levantadas para o Hospital Infantil e Maternidade Alzir Bernadino Alves - HIMABA, localizado Vila Velha, através do diagnóstico citado, uma vez que os usos de energia e suas proporções aproximadas tipicamente se repetem em toda a rede de saúde estadual.

Um dos fatores em que se pode avaliar o uso da energia em uma edificação, no caso o HIMABA, é a potência instalada. Apesar de não ser um dado que reflete exatamente as proporções do consumo de energia da edificação, uma vez que este dependeria também do tempo de utilização de cada equipamento, a potência instalada é um bom indicativo em que se pode avaliar os usos e até mesmo a demanda. Na Tabela 7 pode-se observar os percentuais de potência instalada para cada uso de energia no HIMABA, com a climatização em grande destaque, tendo em vista que representa 79% da potência instalada. Tal fato sugere, de antemão, que a temperatura ambiente média mensal externa às edificações hospitalares tende a ser uma variável relevante para os SGEs neste setor.

Tabela 7: Detalhamento da potência instalada no HIMABA.

Equipamentos	Potência Instalada (kW)	Participação (%)
Iluminação	50	8,36%
Ar condicionado	473	79,10%
Tomadas	55	9,20%
Motores	20	3,34%

Fonte: ÉTICA (2011a).

Considerando que o item apontado pela empresa realizadora do diagnóstico como “tomadas” é bastante abrangente, identificando desde cargas relativas a equipamentos médicos, equipamentos de informática, até mesmo tomadas de uso geral, os principais usos de energia encontrados nas instalações hospitalares são, respectivamente, ar condicionado e iluminação. Tal conclusão é de suma importância para orientar futuras ações de eficiência energética visando a melhoria nos IDEs construídos. Além disso, o relatório elaborado também destacou alguns pontos de atenção relativos às instalações elétricas do hospital, tais como: quadros elétricos posicionados em locais inadequados, tomadas em áreas molhadas sem o devido padrão de proteção (Figura 11), fiações expostas e transformador operando em temperatura fora do limite.

Figura 11: Tomada exposta em área molhada.



Fonte: ÉTICA (2011a).

Insta ressaltar que a avaliação das condições de fornecimento de energia elétrica dentro das instalações contidas na organização, a qual se pretende certificar no âmbito da ISO 50001, é parte importante a constar na revisão energética. Dentro dessa perspectiva, o relatório elaborado pela empresa contratada em 2011 pelo Governo do Estado traz informações pertinentes a respeito das condições de fornecimento relativas ao HIMABA, tomado aqui como um exemplo das instalações hospitalares para as quais foram desenvolvidos IDEs e LBEs adequados. Segundo Ética (2011a), o HIMABA é atendido por uma subestação abrigada, o que enseja responsabilidade do próprio hospital e não da concessionária quanto á manutenção, possuindo três transformadores com potências nominais de 700 kVA, 300 kVA e 500 kVA, além de tensões trifásicas nominais primária de 11,4 kV e secundária de 220V. Uma observação do histórico de demanda identificou que a capacidade instalada atende com bastante folga a instalação, uma vez que a máxima demanda registrada no período foi de 323 kW.

Partindo-se para o desenvolvimento dos IDEs em si, a primeira análise realizada foi quanto à amostra de hospitais necessária para representar o conjunto de instalações desse tipo sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual. Nesse sentido, existem, na presente data, dezessete hospitais sob responsabilidade estadual que prestam serviços no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS. São eles:

- ✓ Hospital Antonio Bezerra de Faria - HABF
- ✓ Hospital Dra. Rita de Cássia - HDRC
- ✓ Hospital Dório Silva - HDS
- ✓ Hospital Estadual de Atenção Clínica - HEAC
- ✓ Hospital Estadual Central - HEC
- ✓ Hospital Infantil Nossa Senhora da Glória - HEINSG
- ✓ Hospital Infantil e Maternidade Alzir Bernardino Alves - HIMABA
- ✓ Hospital Jayme dos Santos Neves - HEJSN
- ✓ Hospital João dos Santos Neves - HJSN
- ✓ Hospital e Maternidade Silvío Ávidos - HMSA
- ✓ Hospital Pedro Fontes - HPF
- ✓ Hospital São José do Calçado - HSJC
- ✓ Hospital São Lucas - HSL

- ✓ Hospital Roberto Arnizaut Silveiras - HRAS
- ✓ Unidade Integrada Jerônimo Monteiro - UIJM
- ✓ Centro de Reabilitação Física do Estado do Espírito Santo
- ✓ Centro de Atendimento Psiquiátrico Dr. Aristides A. Campos

Consta no PIMVP (EVO, 2012) que amostras das instalações podem ser usadas para representar o todo quando da adoção de ações de eficiência energética, desde que realizadas de modo estatisticamente válido. Assim, foi feita uma análise estatística da amostra identificada previamente como adequada, tendo em vista particularidades como reformas em alguns hospitais no período, incertezas quanto à abrangência dos consumos de energia (unidades administrativas e até residenciais próximas em conjunto com as instalações do hospital), de forma a verificar sua conformidade. O número de hospitais selecionados previamente, eliminando as particularidades supracitadas, de forma a ter dados razoavelmente confiáveis foi de 9 (nove) instalações com dados de observação equivalentes a 24 (vinte e quatro) meses. As identificações das instalações selecionadas no sistema do SUS, bem como os respectivos números de instalação junto à concessionária EDP ES encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8: Identificação dos hospitais selecionados para a amostra.

TAG SISTEMA SUS	Nº DA INSTALAÇÃO
2709023 CENTRO DE REABILITACAO FISICA DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO	144021
2547783 CENTRO DE ATENDIMENTO PSQUIATRICO DR ARISTIDES A CAMPOS	145344
2445956 HOSPITAL DOUTORA RITA DE CASSIA	147057
2675714 HOSPITAL DOUTOR JOAO DOS SANTOS NEVES	148559
0011800 HOSPITAL INFANTIL NOSSA SENHORA DA GLORIA	934167
2447894 HOSPITAL DE JERONIMO MONTEIRO UIJM	1242296
2678179 HOSPITAL INFANTIL E MATERNIDADE DR ALZIR BERNADINO ALVES	9501207
7530706 HOSPITAL ESTADUAL DE VILA VELHA	9502839
2547317 HOSPITAL SAO JOSE	160011997

Fonte: Produção do próprio autor.

Segundo Santos (2017), uma boa estimativa do tamanho da amostra ideal pode ser obtida por (02):

$$n = \frac{N.Z^2.p.(1-p)}{Z^2.p.(1-p) + e^2.(N-1)} \quad (02)$$

onde

n = amostra calculada;

N = população;

Z = normal padronizada associada ao nível de confiança;

p = verdadeira probabilidade do evento;

e = erro amostral.

Seguindo tal critério, chegou-se ao resultado que, para um erro amostral (e) estimado em 5%, nível de confiança desejado de 95%, resultando em uma variável normal (Z) 1,96, probabilidade do evento (p) 50% e população total igual a 408 (17 hospitais por 24 meses) seriam necessárias 199 observações, ou seja, para 24 meses em 8,29 hospitais. Como a amostra tomada foi de nove hospitais, pelo critério analisado observou-se que a mesma é estatisticamente válida.

Dando continuidade ao processo de elaboração de um IDE para os hospitais da rede estadual, aplicou-se a regressão linear múltipla, adotando-se os dados oriundos do sistema TABNET e os dados de temperatura ambiente média mensal externa à edificação como variáveis independentes, e os dados de consumo de energia como a variável dependente. O processo consiste em calcular os coeficientes de uma equação linear que possibilite o menor erro quadrático na comparação entre os valores medidos de energia e calculados por meio da equação. Segundo Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), os coeficientes desejados podem ser obtidos por meio da equação matricial (03).

$$\beta = (X'X)^{-1} \cdot (X'Y) \quad (03)$$

onde

β = dos coeficientes da equação de regressão;

X = matriz contendo os valores das variáveis dependentes;

Y = matriz contendo os valores das variáveis independentes.

Aplicando para o caso em questão, chegou-se à seguinte matriz β , dada por (04).

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \\ \beta_6 \\ \beta_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8,53 \\ -52,83 \\ -24,60 \\ 26,38 \\ 408,15 \\ 36,43 \\ 306120 \end{pmatrix} \quad (04)$$

Assim, a equação de regressão será da forma apresentada em (05), cujo termo independente β_0 foi calculado segundo (06).

$$Y_{REGRESSÃO} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 \quad (05)$$

$$\beta_0 = \bar{Y} - \left(\sum_{a=1}^7 (\bar{X}_a \beta_a) \right) = -186,9 \quad (06)$$

onde

X_a = matriz coluna da variável dependente a ;

β_a = coeficiente associado ao termo a da equação de regressão;

\bar{Y} = valor médio da variável independente.

Por fim, chegou-se à forma final da equação de regressão, dada por (07).

$$Y_{REGRESSÃO} = -186,9 + 8,53X_1 - 52,83X_2 - 24,60X_3 + 26,38X_4 + 408,15X_5 + 36,43X_6 + 306120X_7 \quad (07)$$

Segundo EVO (2012), o primeiro passo para avaliar a exatidão de um modelo de regressão linear é o cálculo do coeficiente de determinação R^2 . Tal coeficiente mede os afastamentos dos valores da variável dependente de seu valor médio e é um parâmetro amplamente utilizado na estatística, como já mencionado anteriormente. Matricialmente, o cálculo de R^2 pode ser realizado por (08).

$$R^2 = \frac{\beta^T X^T Y - \bar{Y}}{Y^T Y - \bar{Y}} \quad (08)$$

Para o modelo de regressão utilizado para os hospitais estaduais, o valor do coeficiente de determinação foi de 0,68. Tipicamente, utiliza-se como parâmetro para avaliar como satisfatório um modelo de regressão cujo R^2 é igual ou superior a 0,75. No entanto, ainda de acordo com EVO (2012), o R^2 por si só não é suficiente para a adoção ou rejeição de um modelo, sendo conveniente a avaliação do mesmo por meio de outros testes estatísticos.

Nesse sentido, um dos testes mais usuais para a avaliação de modelos de regressão é o teste F , também conhecido como análise de variância ou teste de significância da regressão. O mesmo consiste em determinar se há uma relação linear entre a variável dependente (Y) e algumas das variáveis independentes (X_1, X_2, \dots). Para isso, o procedimento descrito, por exemplo, por Corrar, Paulo e Dias Filho (2007), seria considerar duas hipóteses, a saber:

1ª: H_0 é verdadeira se todos os coeficientes da equação linear são iguais a 0;

2ª: H_1 é verdadeira se algum coeficiente da equação linear é diferente de 0.

Estatisticamente, rejeita-se a hipótese H_0 se F_0 , dado por (09), for maior que F_k^{n-k-1} , onde k é o número de variáveis independentes adotadas e n corresponde ao número de ocorrências na amostra, calculado por meio de uma tabela de valores de referência, de acordo com o nível de significância adotado. Para as análises realizadas, foi utilizado o nível de significância de 5%, tendo em vista que o valor é comumente adotado para análises de regressões múltiplas.

$$F_0 = \frac{(n-k-1) R^2}{k (1-R^2)} \quad (09)$$

Como se considerou para a análise um total de 216 ocorrências em um modelo com 7 variáveis independentes, chegou-se ao valor determinado em (10), obtido por meio da tabela referente ao teste F , possibilitando a comparação contida em (11):

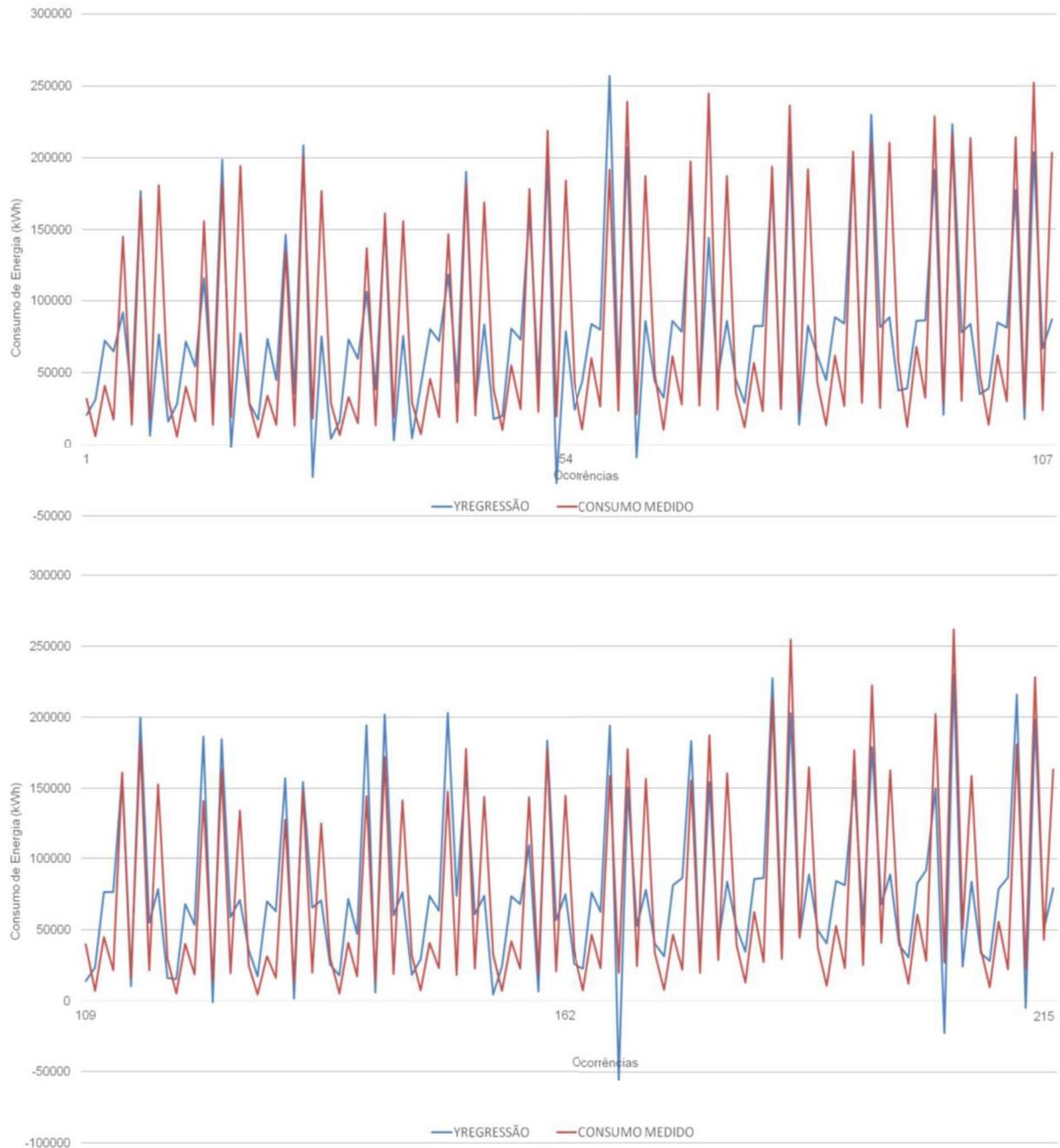
$$F_k^{n-k-1} = F_3^{208} = 1,00 \quad (10)$$

$$F_k^{n-k-1} = F_3^{208} = 1,00 < F_0 = 62,77 \quad (11)$$

Assim, a hipótese nula foi abandonada, o que significa que o modelo explica bem as variações do consumo de energia elétrica perante os parâmetros adotados.

Avaliando graficamente a regressão, observa-se, na Figura 12, que em linhas gerais o modelo representa bem o consumo de energia elétrica das nove unidades no período de 24 meses analisados, totalizando 216 observações, possuindo apenas alguns pontos específicos fora da curva.

Figura 12: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nos hospitais da amostra.



Fonte: Produção do próprio autor.

Para cada ponto do gráfico representado na Figura 12, tem-se em vermelho o valor do consumo de energia elétrica de uma determinada instalação em um determinado mês. Em azul, encontra-se o valor correspondente calculando-se, via equação, obtida pela regressão (05), o resultado por meio dos dados das variáveis independentes correspondentes.

A sequência em que os pontos aparecem no gráfico é ordenada primeiro por mês e em seguida, por instalação. Sendo assim, a ocorrência 1, corresponde ao mês 1, para a instalação 1. A ocorrência 2, corresponde ao mês 1, para a instalação 2, e assim por diante.

Seguindo para a elaboração do IDE relativo às instalações hospitalares sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual, aqui nomeado como $IDE_{saúde}$, optou-se por adotar um indicador do tipo “quanto menor, melhor”, composto pela razão entre o valor de energia medida no mês e seu valor respectivo obtido pela equação da regressão, conforme (12).

$$IDE_{SAÚDE} = \frac{CM}{Y_{REGRESSÃO}} \quad (12)$$

$$IDE_{SAÚDE} = \frac{CM}{-186,9 + 8,53\beta_1 - 52,83\beta_2 - 24,60\beta_3 + 26,38\beta_4 + 408,15\beta_5 + 36,43\beta_6 + 306120\beta_7}$$

onde

CM = Consumo de energia medido no mês de referência;

x_1 = N° de atendimentos do tipo “Procedimentos com finalidade diagnóstica” no mês;

x_2 = N° de atendimentos do tipo “Procedimentos clínicos” no mês;

x_3 = N° de atendimentos do tipo “Procedimentos cirúrgicos” no mês;

x_4 = N° de atendimentos do tipo “Medicamentos” no mês;

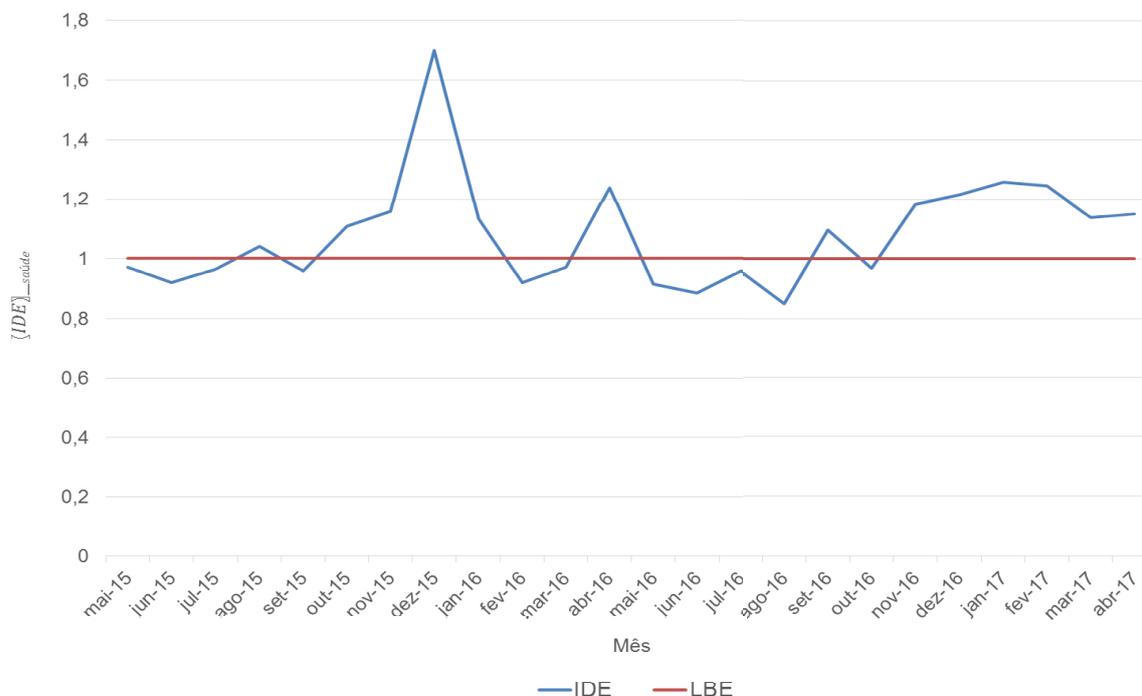
x_5 = N° de atendimentos do tipo “Órteses, próteses e materiais especiais” no mês;

x_6 = N° de atendimentos do tipo “Ações complementares da atenção à saúde” no mês;

x_7 = Temperatura ambiente média mensal externa.

De posse do indicador desenvolvido, foi possível obter a LBE desejada. Para efeito de demonstrações gráficas, utilizou-se como exemplo a instalação do HIMABA, cujos valores obtidos no período de base estão detalhados na Figura 13.

Figura 13: IDE e LBE calculados para o HIMABA no período de base.



Fonte: Produção do próprio autor.

No período analisado, entre maio de 2015 e abril de 2017, nota-se que o HIMABA apresentou 9 medições do IDE apurado abaixo da linha de base estabelecida e, portanto, 15 medições acima da LBE. Outro aspecto a ser destacado na Figura 13 é que em dezembro de 2015 o IDE chegou a superar a LBE em 70%, o que denota um consumo de energia desproporcional ao serviço prestado à população nesse mês no HIMABA.

Tais observações demonstram a necessidade de ações de eficiência energética na instalação em questão de forma a reduzir significativamente seu indicador apurado.

Ademais, as ações adotadas para um hospital estadual, em regra, podem ser estendidas para os demais de forma a amplificar os resultados no que tange à eficiência energética, uma vez que as compras de equipamentos de ar condicionado e iluminação são realizadas de forma centralizada, adquirindo produtos semelhantes para o conjunto dos hospitais.

5.2 ESCOLAS

Seguindo o mesmo procedimento adotado para as unidades hospitalares, obteve-se informações relativas às características energéticas das escolas por meio da análise obtida através dos diagnósticos energéticos elaborados pela empresa Ética Engenharia por meio do contrato SEGER 016/2011 (ÉTICA, 2011b). Nesse sentido, definiu-se os limites dos indicadores de desempenho energético como toda a instalação das escolas estaduais sobre as quais se tinham informações relativas à área construída, ao número de alunos e à temperatura ambiente média mensal externa aos edifícios da cidade em que estão localizadas.

Dentre as instalações diagnosticadas em 2011, 4 eram escolas estaduais. Dentro dessa perspectiva, a análise quanto às condições de fornecimento de energia elétrica e uso da mesma foram realizadas levando em consideração o relatório sobre uma dessas 4 escolas, a saber, a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Prof^a Hilda Miranda Nascimento, localizada no bairro de Porto Canoa, na Serra - ES.

Na Tabela 9 pode-se observar os percentuais de potência instalada para cada uso de energia na EEEFM Hilda Miranda Nascimento. Nota-se, por meio dos dados da referida tabela, que diferentemente do quadro observado nos hospitais, nas escolas estaduais o principal uso de energia se dá no quesito iluminação, tendo em vista que não é comum o uso de ar condicionado em todas as salas nas unidades, limitando-se esse uso a laboratórios, auditórios e salas de professores. No entanto, ainda assim, a climatização possui um peso considerável na potência instalada, chegando, na instalação em questão, a 38%.

Tabela 9: Detalhamento da potência instalada na EEEFM Hilda Miranda Nascimento.

Equipamentos	Potência Instalada (kW)	Participação (%)
Iluminação	30	47%
Ar condicionado	24	38%
Tomadas	10	16%
Motores	0	0%

Fonte: ÉTICA (2011b).

Considerando os dados presentes na Tabela 9, os principais usos de energia encontrados nas instalações escolares são, respectivamente, iluminação e ar

condicionado. Tal conclusão é de suma importância para orientar futuras ações de eficiência energética visando a melhoria nos IDEs construídos. Além disso, o relatório elaborado também destacou alguns pontos de atenção relativos às instalações elétricas da escola, tais como: quadros elétricos posicionados em locais inadequados e fiações expostas (Figura 14).

Figura 14: Instalação improvisada com fiação exposta na EEEFM Hilda Miranda Nascimento.



Fonte: ÉTICA (2011b).

Quanto às condições de fornecimento de energia elétrica dentro das instalações da EEEFM Hilda Miranda Nascimento, Ética (2011b) informa que a escola é atendida por uma subestação aérea, possuindo um transformador de potência nominal de 225 kVA, além de tensões trifásicas nominais primária de 11,4 kV e secundária de 220V. Uma observação do histórico de demanda identificou que a capacidade instalada atende com bastante folga a instalação, uma vez que a máxima demanda registrada no período foi de 47 kW.

No que se refere ao aspecto da amostra de escolas necessária para representar o conjunto de instalações desse tipo sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual, existem, na presente data, mais de 500 escolas estaduais em funcionamento. Contudo, apenas 62 possuem dados históricos das informações analisadas. Dentro dessa perspectiva, o universo considerado, e, portanto, o limite do SGE a ser implantado, contém essas 62 unidades consumidoras.

Realizou-se uma análise estatística de da amostra dentro desse universo, e tendo em vista particularidades como reformas em algumas escolas no período, incertezas quanto à abrangência dos consumos de energia (unidades administrativas em conjunto com as instalações da escola), de forma a verificar sua conformidade. O número de escolas selecionadas previamente, eliminando as particularidades supracitadas, de forma a ter dados razoavelmente confiáveis, foi de dezesseis instalações com dados de observação equivalentes a 24 meses.

Utilizando como base a equação (02), para um erro amostral (e) estimado em 5%, nível de confiança desejado de 95%, resultando em uma variável normal (Z) 1,96, probabilidade do evento (p) 50% e população total igual a 1488 (62 escolas por 24 meses) seriam necessárias 306 observações, ou seja, para 24 meses seria preciso uma amostra de 12,75 escolas. Como a amostra tomada foi de 16 escolas, pelo critério analisado observou-se que a mesma é estatisticamente válida.

Dando continuidade ao processo de elaboração de um IDE para as escolas da rede estadual, aplicou-se a regressão linear múltipla, adotando-se os dados oriundos de acompanhamentos internos da SEDU e os dados de temperatura ambiente média mensal externa como variáveis independentes, além dos dados de consumo de energia como a variável dependente. Usando (03), chegou-se à seguinte matriz de coeficientes dada por (13).

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \\ \beta_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,83 \\ -0,95 \\ 4,42 \\ 135,33 \\ 2,93 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Assim, a equação de regressão será da forma apresentada em (14), cujo termo independente β_0 foi calculado segundo (05), resultando em -18,88.

$$Y_{REGRESSÃO} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 \quad (14)$$

Por fim, chegou-se à forma final da equação de regressão, dada por (15).

$$Y_{REGRESSÃO} = -18,88 + 0,83_1 x_1 - 0,95 x_2 + 4,42 x_3 + 135,33 x_4 + 2,93 x_5 \quad (15)$$

Quanto à exatidão do modelo obtido, foram calculados os mesmos parâmetros obtidos para os hospitais, chegando-se aos valores de R^2 igual 0,81, F_0 igual a 314 e F_k^{n-k-1} igual 1. Assim, a hipótese nula foi abandonada, o que significa que o modelo explica bem as variações do consumo de energia elétrica perante os parâmetros adotados.

Avaliando graficamente a regressão, observa-se, na Figura 15, que, de uma forma geral, o modelo representa bem o consumo de energia elétrica das dezesseis unidades no período de 24 meses analisados, totalizando 384 observações.

Seguindo para a elaboração do IDE relativo às instalações escolares sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual, aqui nomeado como IDE_{edu} , optou-se por adotar um indicador do tipo “quanto menor, melhor”, composto pela razão entre o valor de energia medida no mês e seu valor respectivo obtido pela equação da regressão, conforme (16).

$$IDE_{EDU} = \frac{CM}{Y_{REGRESSÃO}} \quad (16)$$

$$IDE_{EDU} = \frac{CM}{-18,88 + 0,83_1x_1 - 0,95x_2 + 4,42x_3 + 135,33x_4 + 2,93x_5}$$

onde

CM = Consumo de energia medido no mês de referência;

x_1 = Área construída da unidade educacional;

x_2 = N° de alunos de ensino fundamental;

x_3 = N° de alunos de ensino médio;

x_4 = N° de dias letivos no mês;

x_5 = Temperatura ambiente média mensal externa.

Para cada ponto do gráfico representado na Figura 15, tem-se em laranja o valor do consumo de energia elétrica de uma determinada instalação em um determinado mês. Em azul, encontra-se o valor correspondente calculando-se, via fórmula obtida pela regressão (16), o resultado por meio dos dados das variáveis independentes correspondentes.

A sequência em que os pontos aparecem no gráfico é ordenada primeiro por instalação e em seguida por mês. Sendo assim, a ocorrência 1, corresponde ao mês 1, para a instalação 1. A ocorrência 2, corresponde ao mês 2, para a instalação 1, e assim por diante.

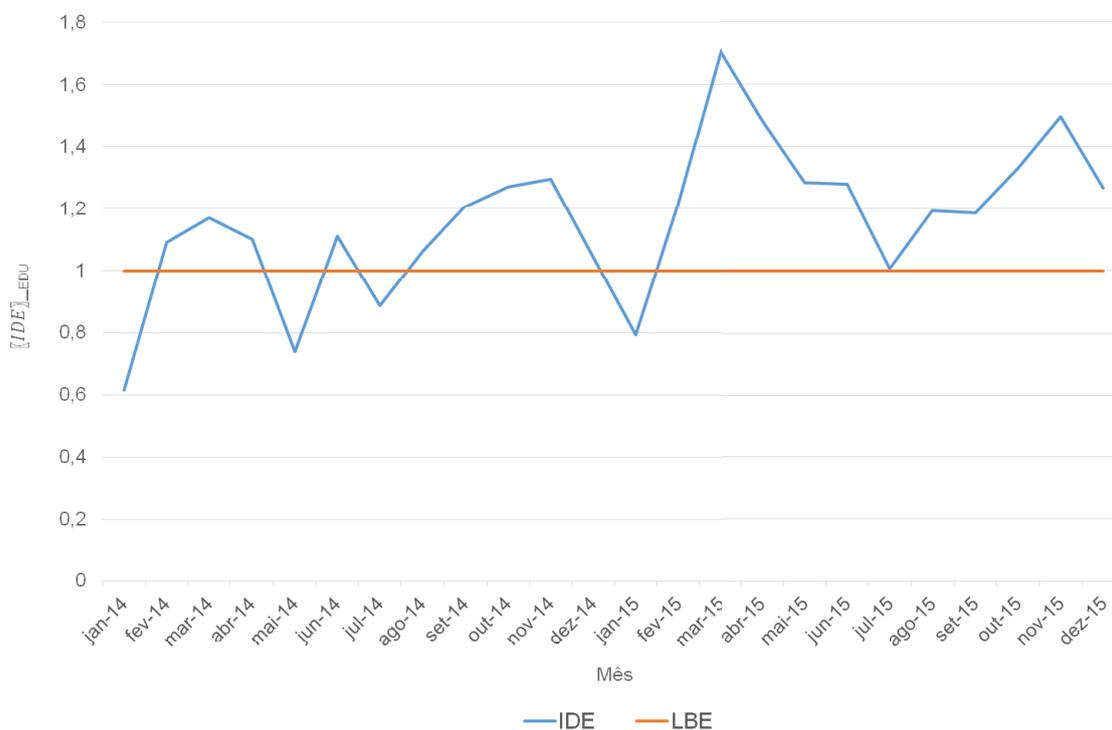
Figura 15: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nas escolas da amostra.



Fonte: Produção do próprio autor.

De posse do indicador desenvolvido, foi possível obter a LBE desejada. Para efeito de ilustração, utilizou-se como exemplo a instalação da EEEFM Hilda Miranda Nascimento, cujos valores obtidos no período de base estão detalhados na Figura 16.

Figura 16: IDE e LBE calculados para a EEEFM Hilda Miranda Nascimento no período de base.



Fonte: Produção do próprio autor.

No período analisado, entre janeiro de 2014 e dezembro de 2015, nota-se que o IDE referente a EEEFM Hilda Miranda Nascimento apresentou 4 medições do IDE apurado abaixo da linha de base estabelecida, e, portanto, 20 medições acima da LBE. Outro aspecto a ser destacado na Figura 16 é que em março de 2015 o IDE chegou a superar a LBE em 70%, o que denota um consumo de energia desproporcional ao serviço prestado à população nesse mês na EEEFM Hilda Miranda Nascimento. Tais observações demonstram a necessidade de ações de eficiência energética na instalação em questão de forma a reduzir seu indicador apurado significativamente.

Dentro dessa perspectiva, a elaboração de metas de redução do IDE e o acompanhamento sistemático do comparativo entre as unidades são ferramentas a serem utilizadas em ações futuras de implantação do SGE.

5.3 EDIFICAÇÕES ADMINISTRATIVAS

Seguindo a estratégia adotada para os demais grupos de unidades consumidoras, iniciou-se a análise de regressão múltipla quanto as edificações administrativas, com o objetivo de se obter um IDE que fosse possível utilizar em todas as unidades consumidoras de perfil semelhante. Para tanto, utilizou-se como variáveis independentes o número de processos tramitados no mês e a temperatura ambiente média mensal externa às edificações, e como variável dependente, o consumo de energia.

Contudo, os resultados alcançados para essa regressão foram insuficientes para se obter um IDE satisfatório considerando todas as unidades, visto que o parâmetro R^2 obtido foi igual a 0,30, F_0 igual a 9,47 e F igual a 0,95. Considerando que tais resultados não produziram um IDE que atendesse aos objetivos de implantação futura de SGE certificável, partiu-se para análise de cada edificação separadamente com seu histórico de consumo e demais dados individualizados. Assim, realizou-se a análise em quatro edificações, a saber, a sede da Secretaria de Educação, a sede da Secretaria da Fazenda, a sede da Secretaria de Gestão e Recursos Humanos e a sede da Secretaria de Saúde, todas elas localizadas no município de Vitória-ES. Os resultados obtidos com essa análise por edificação serão demonstrados a seguir.

5.3.1 Sede da SEDU

Na Figura 17 observa-se os resultados obtidos com a regressão utilizando os dados de processos tramitados e temperatura ambiente média mensal externa para o prédio da sede da SEDU.

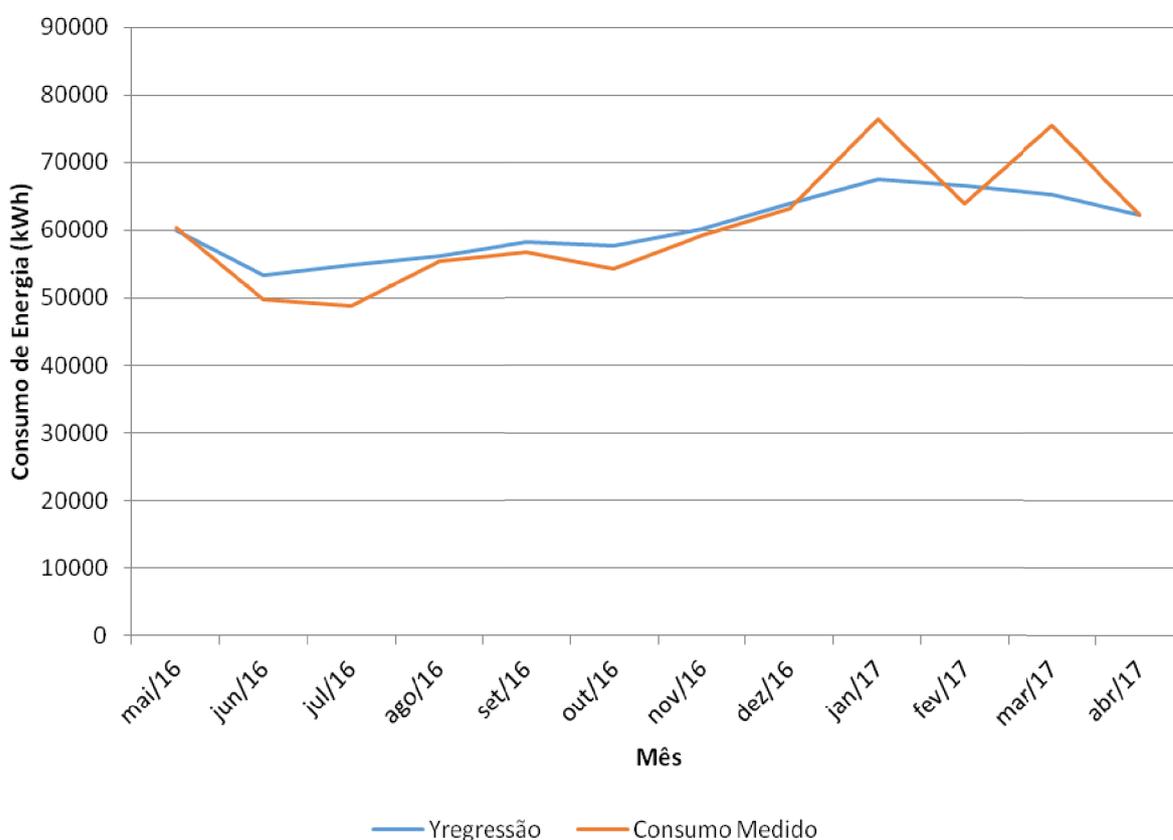
Nota-se que a curva obtida pela regressão representou de forma satisfatória o comportamento do consumo de energia. Quanto aos parâmetros obtidos, observa-se na Tabela 10 que tanto o R^2 quanto o teste F apresentaram resultados estatisticamente muito mais significativo que o obtido com os dados de todo o conjunto das edificações. As variáveis independentes foram os processos tramitados (x_1) e temperatura ambiente média mensal externa (x_2), enquanto a variável dependente foi o consumo de energia (Y).

Tabela 10: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEDU.

Parâmetro	Valor calculado	Equação da regressão
R^2	0,69	$Y = -226,83 - 0,17x_1 + 2437,04x_2$
F_0	10,20	
F	0,95	

Fonte: Produção do próprio autor.

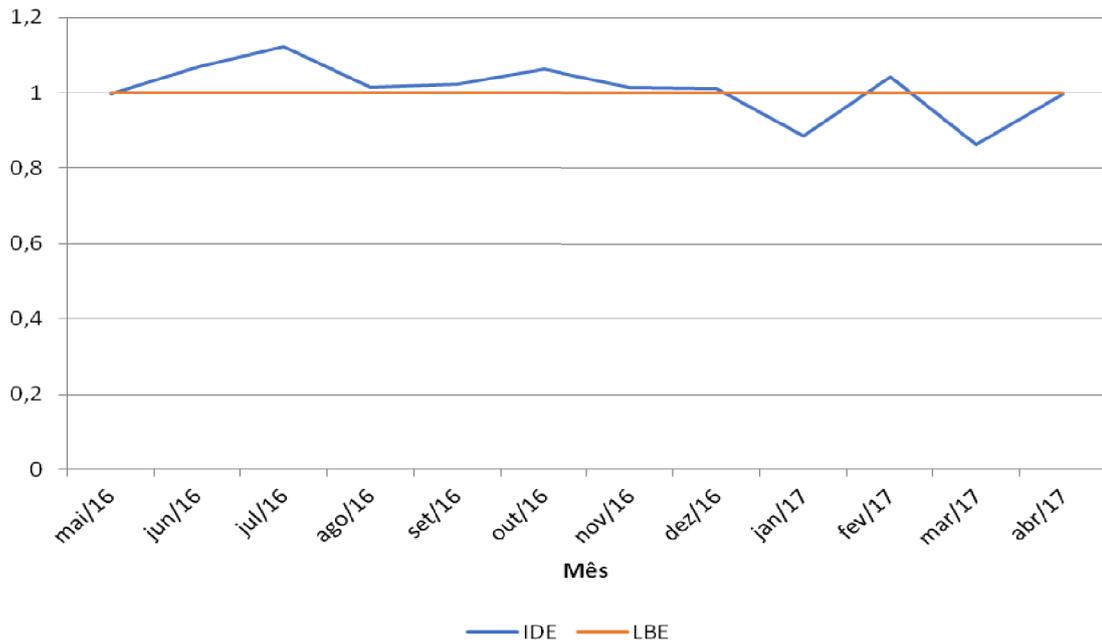
Figura 17: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEDU.



Fonte: Produção do próprio autor.

Traçando-se a curva para o IDE no período analisado e a linha de base obtida, obteve-se o resultado demonstrado na Figura 18, onde se mostra evidente a importância de uma implantação futura de um SGE certificável, tendo em vista que durante o período analisado somente em 2 ocasiões o IDE ficou abaixo da linha de base.

Figura 18: IDE e LBE calculados para a sede da SEDU.

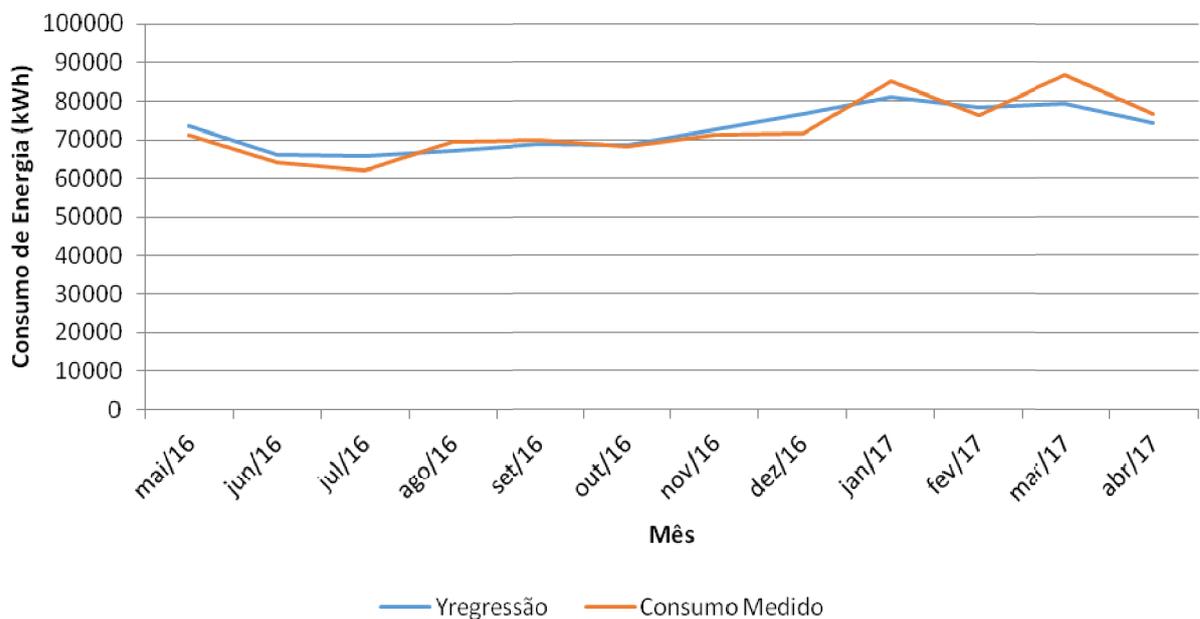


Fonte: Produção do próprio autor.

5.3.2 Sede da SEFAZ

Na Figura 19 observa-se os resultados obtidos com a regressão utilizando os dados de processos tramitados e temperatura ambiente média mensal externa para o prédio da sede da SEFAZ.

Figura 19: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEFAZ.



Fonte: Produção do próprio autor.

Nota-se que a curva obtida pela regressão representou de forma satisfatória o comportamento do consumo de energia, inclusive com resultados mais próximos do que os obtidos para a sede da SEDU. Quanto aos parâmetros obtidos, observa-se na Tabela 11 que tanto o R^2 quanto o teste F apresentaram resultados estatisticamente muito mais significativos que o obtido com os dados de todo o conjunto das edificações. As variáveis independentes foram os processos tramitados (x_1) e temperatura média mensal externa (x_2), enquanto a variável dependente foi o consumo de energia (Y).

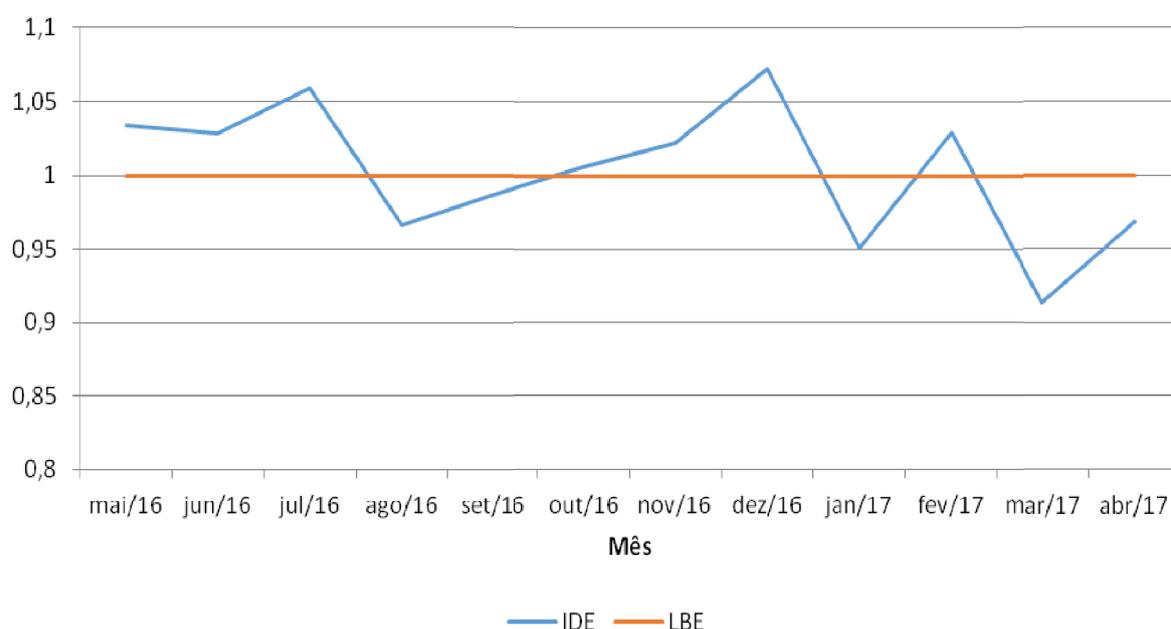
Tabela 11: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEFAZ.

Parâmetro	Valor calculado	Equação da regressão
R^2	0,76	$Y = -84,65 + 1,37x_1 + 2706,47x_2$
F_0	14,47	
F	0,95	

Fonte: Produção do próprio autor.

Traçando-se a curva para o IDE no período analisado e a linha de base obtida, obteve-se o resultado demonstrado na Figura 20, onde se mostra evidente a importância de uma implantação futura de um SGE certificável, tendo em vista que durante o período analisado somente em 4 ocasiões o IDE ficou abaixo da linha de base.

Figura 20: IDE e LBE calculados para a sede da SEFAZ.

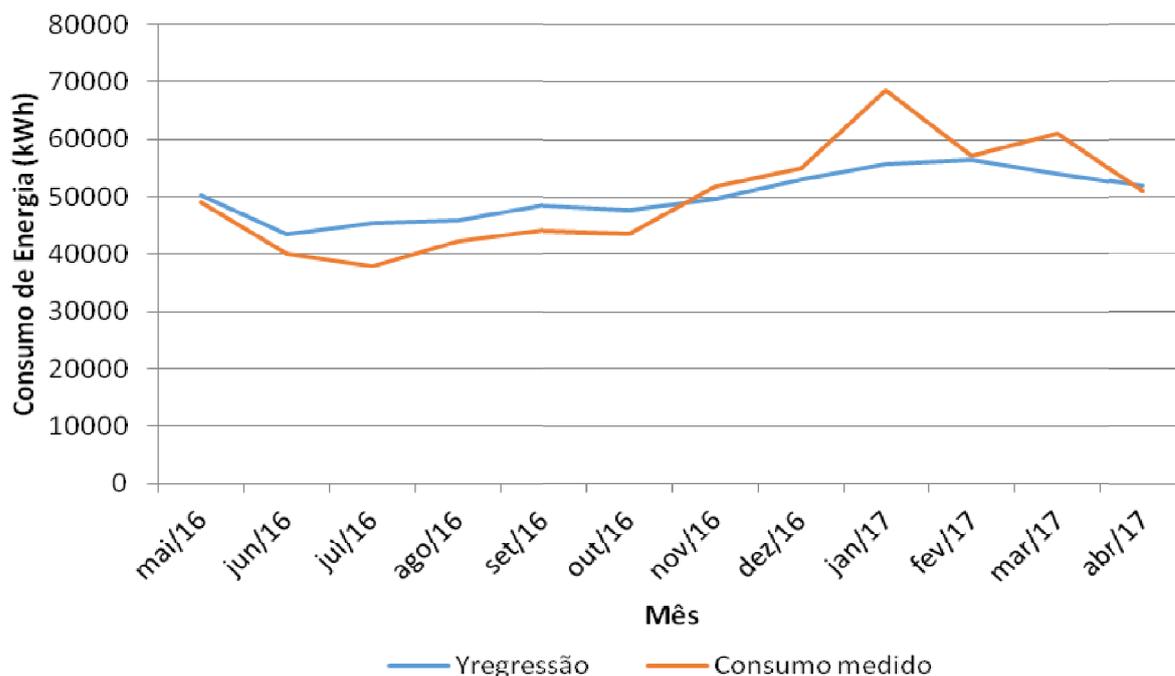


Fonte: Produção do próprio autor.

5.3.3 Sede da SEGER

Na Figura 21 observa-se os resultados obtidos com a regressão utilizando os dados de processos tramitados e temperatura ambiente média mensal externa para o prédio da sede da SEGER.

Figura 21: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica no edifício sede da SEGER.



Fonte: Produção do próprio autor.

Nota-se que a curva obtida pela regressão representou de forma satisfatória o comportamento do consumo de energia. Quanto aos parâmetros obtidos, observa-se na Tabela 12 que tanto o R^2 quanto o teste F apresentaram resultados estatisticamente muito mais significativos que o obtido com os dados de todo o conjunto das edificações. As variáveis independentes foram os processos tramitados (x_1) e temperatura ambiente média mensal externa (x_2), enquanto a variável dependente foi o consumo de energia (Y).

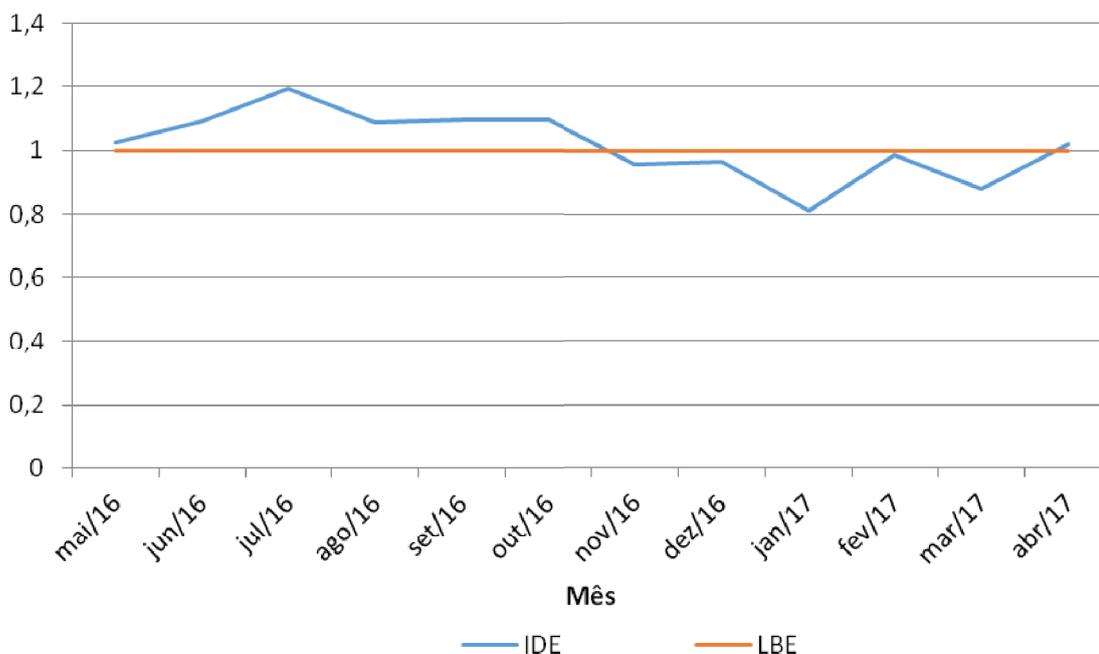
Tabela 12: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SEGER.

Parâmetro	Valor calculado	Equação da regressão
R^2	0,63	$Y = -328,58 - 1,38x_1 + 2140,56x_2$
F_0	7,56	
F	0,95	

Fonte: Produção do próprio autor.

Traçando-se a curva para o IDE no período analisado e a linha de base obtida, obteve-se o resultado mostrado na Figura 22, com características semelhantes às edificações anteriormente avaliadas.

Figura 22: IDE e LBE calculados para a sede da SEGER.



Fonte: Produção do próprio autor.

5.3.4 Sede da SESA

Na Figura 23 observa-se os resultados obtidos com a regressão utilizando os dados de processos tramitados e temperatura ambiente média mensal externa para o prédio da sede da SESA.

Nota-se que a curva obtida pela regressão representou de forma satisfatória o comportamento do consumo de energia. Quanto aos parâmetros obtidos, observa-se na Tabela 13 que tanto o R^2 quanto o teste F apresentaram resultados estatisticamente muito mais significativos que o obtido com os dados de todo o conjunto das edificações. As variáveis independentes foram os processos tramitados (x_1) e temperatura ambiente média mensal externa (x_2), enquanto a variável dependente foi o consumo de energia (Y).

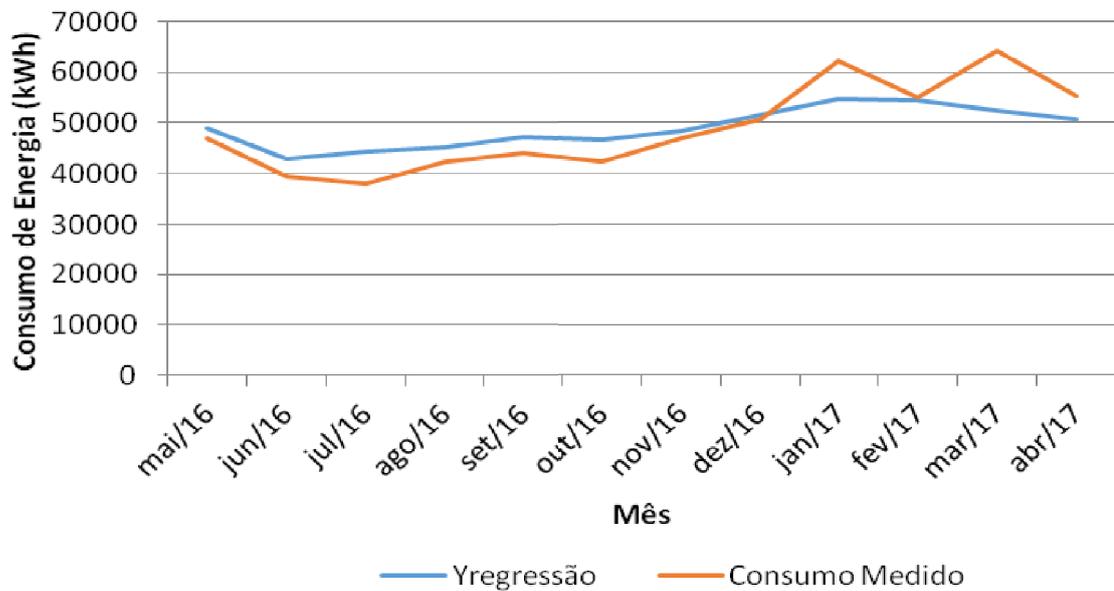
Traçando-se a curva para o IDE no período analisado e a linha de base obtida, obteve-se o resultado ilustrado na Figura 24, com características semelhantes às edificações anteriores.

Tabela 13: Parâmetros associados à regressão para o edifício sede da SESA.

Parâmetro	Valor calculado	Equação da regressão
R^2	0,62	$Y = -287,42 - 0,52x_1 + 2061,04x_2$
F_0	7,20	
F	0,95	

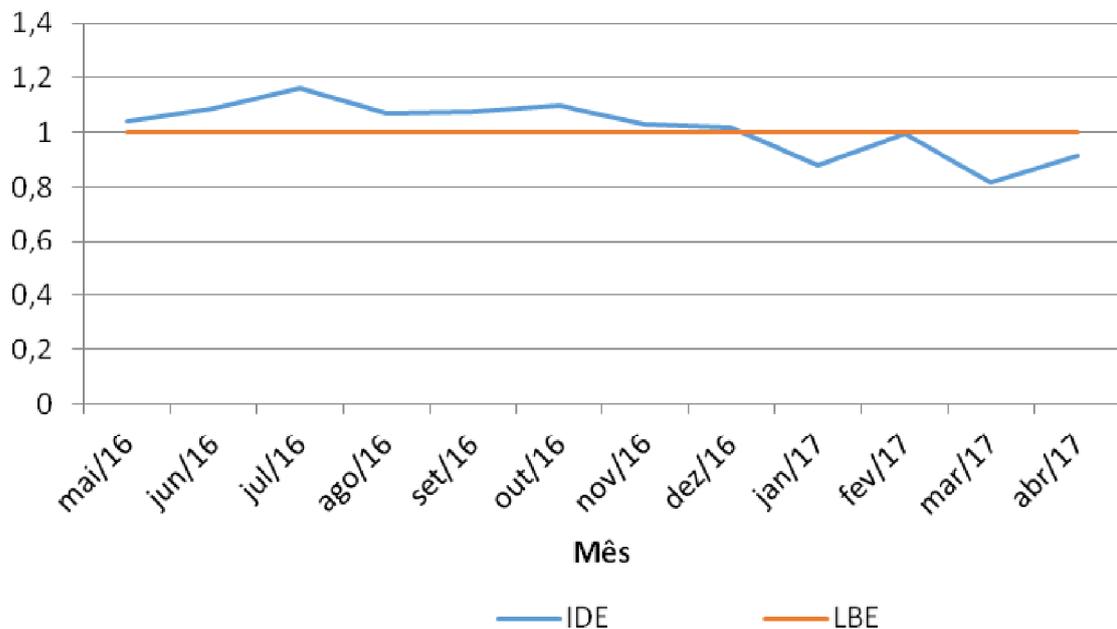
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 23: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica do edifício sede da SESA.



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 24: IDE e LBE calculados para a sede da SESA.



Fonte: Produção do próprio autor.

5.4 PRESÍDIOS

Seguindo o mesmo procedimento adotado para as unidades hospitalares, obteve-se informações relativas às características energéticas das unidades prisionais por meio da análise obtida através dos diagnósticos energéticos elaborados pela empresa Ética Engenharia por meio do contrato SEGER 016/2011 (ÉTICA, 2011b). Nesse sentido, definiu-se os limites dos indicadores de desempenho energético como toda a instalação dos presídios estaduais sobre os quais se tinham informações relativas à população carcerária e temperatura ambiente média mensal da cidade em que estão localizadas. Cabe ressaltar que dos 30 diagnósticos energéticos realizados pelo Poder Executivo Estadual, dois foram em instalações de presídios. A análise das condições de fornecimento de energia elétrica e uso da mesma foram realizadas levando em consideração o relatório sobre uma dessas prisões, a saber, o Presídio Regional de Cachoeiro de Itapemirim - PRCI.

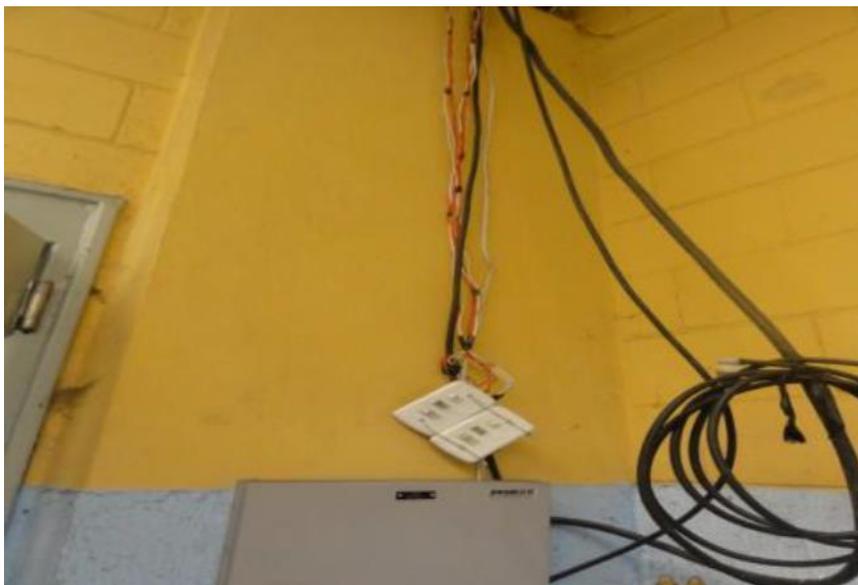
Na Tabela 14 pode-se observar os percentuais de potência instalada para cada uso de energia no Presídio Regional de Cachoeiro de Itapemirim - PRCI. Nota-se, por meio dos dados da referida tabela, que diferentemente do quadro observado nos hospitais, nos presídios há a potência instalada das cargas de iluminação e ar condicionado possuem valores semelhantes e são os principais usos de energia encontrados nessas instalações, tais como nas escolares. No entanto, ainda assim, a climatização possui um peso considerável na potência instalada, chegando, na instalação em questão, a 33,3%, justificando a utilização da temperatura ambiente externa como uma variável relevante para o consumo de energia elétrica. Tal conclusão é de suma importância para orientar futuras ações de eficiência energética visando a melhoria nos IDEs construídos. Além disso, o relatório elaborado também destacou alguns pontos de atenção relativos às instalações elétricas do presídio, tais como fiações expostas (Figura 25).

Tabela 14: Detalhamento da potência instalada no Presídio Regional de Cachoeiro de Itapemirim.

Equipamentos	Potência Instalada (kW)	Participação (%)
Iluminação	38	32,5%
Ar condicionado	39	33,3%
Tomadas	25	21,4%
Motores	15	12,8%

Fonte: ÉTICA (2011c).

Figura 25: Instalação improvisada com fiação exposta.



Fonte: ÉTICA (2011c).

Insta ressaltar que a avaliação das condições de fornecimento de energia elétrica dentro das instalações contidas na organização a qual se pretende certificar no âmbito da ISO 50001 é parte importante a constar na revisão energética. Dentro dessa perspectiva, o relatório elaborado pela empresa contratada em 2011 pelo Governo do Estado traz informações pertinentes a respeito das condições de fornecimento relativas à Penitenciária Regional de Cachoeiro de Itapemirim - PRCI, tomado aqui como um exemplo das instalações prisionais para as quais foram desenvolvidos IDEs e LBEs. Segundo Ética (2011c), a PRCI é atendida por uma subestação abrigada, possuindo dois transformadores com potência nominal de 300 kVA cada, além de tensões trifásicas nominais primária de 11,4 kV e secundária de 220 V. Uma observação do histórico de demanda identificou que a capacidade instalada atende com bastante folga a instalação, uma vez que a máxima demanda registrada no período foi de 120 kW.

Partindo-se para o desenvolvimento dos IDEs em si, a primeira análise realizada foi quanto à amostra de presídios necessária para representar o conjunto de instalações desse tipo sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual. Nesse sentido, existem, na presente data, mais de 36 presídios estaduais em funcionamento. Contudo, apenas 12 possuem dados históricos confiáveis das informações analisadas. Dentro dessa perspectiva, o universo considerado, e,

portanto, o limite do SGE a ser implantado, contém essas 12 unidades consumidoras.

Consta no PIMVP (EVO, 2012) que amostras das instalações podem ser usadas para representar o todo quando da adoção de ações de eficiência energética, desde que realizadas de modo estatisticamente válido. Assim, foi feita uma análise estatística da amostra identificada previamente como adequada, tendo em vista particularidades como incertezas quanto à abrangência dos consumos de energia (unidades prisionais em uma mesma instalação), de forma a verificar sua conformidade. O número de presídios selecionadas previamente, eliminando as particularidades supracitadas, de forma a ter dados razoavelmente confiáveis, foi de onze instalações com dados de observação equivalentes a 20 meses. Como a amostra tomada foi de 12 presídios, pelo critério analisado observou-se que a mesma é estatisticamente válida.

Dando continuidade ao processo de elaboração de um IDE para os presídios estaduais, aplicou-se a regressão linear múltipla, adotando-se os dados oriundos de acompanhamentos de internos da SEJUS (número de presos) e os dados de temperatura ambiente média mensal como variáveis independentes, além dos dados de consumo de energia como a variável dependente. O processo consiste em calcular os coeficientes de uma equação linear que possibilite o menor erro quadrático na comparação entre os valores medidos de energia e calculados por meio da equação. Usando novamente a equação (03), chegou-se à seguinte matriz de coeficientes, dada por (17).

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 49,34 \\ -227,69 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Assim, a equação de regressão será da forma apresentada em (18), cujo termo independente β_0 foi calculado segundo (05) e teve como resultado o valor de -334,84.

$$Y_{REGRESSÃO} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (18)$$

Por fim, chegou-se à forma final da equação de regressão, dada por (19).

$$Y_{REGRESSÃO} = -334,84 + 49,34x_1 - 227,69x_2 \quad (19)$$

Segundo EVO (2012), o primeiro passo para avaliar a exatidão de um modelo de regressão linear é o cálculo do coeficiente de determinação R^2 . Utilizando (08) para o cálculo de R^2 para a regressão feita com os dados dos presídios, chegou-se ao valor de 0,74. Tipicamente, utiliza-se como parâmetro para avaliar como satisfatório um modelo de regressão cujo R^2 é igual ou superior a 0,75. No entanto, ainda de acordo com EVO (2012), o R^2 por si só não é suficiente para a adoção ou rejeição de um modelo, sendo conveniente a avaliação do mesmo por meio de outros testes estatísticos.

Aplicando o teste F relativo à regressão em questão, obteve-se valores de F_0 igual a 339,65 e F_k^{n-k-1} igual 0,95, onde k é o número de variáveis independentes utilizadas e n corresponde ao número de ocorrências utilizadas na amostra. Assim, a hipótese nula foi abandonada, o que significa que o modelo explica bem as variações do consumo de energia elétrica perante os parâmetros adotados.

Avaliando graficamente a regressão, observa-se, na Figura 26, que, em linhas gerais, o modelo representa bem o consumo de energia elétrica das doze unidades prisionais no período de 20 meses analisados, totalizando 240 observações, possuindo apenas alguns pontos específicos fora da curva.

Para cada ponto do gráfico representado na Figura 26, tem-se em vermelho o valor do consumo de energia elétrica de uma determinada instalação em um determinado mês. Em azul, encontra-se o valor correspondente calculando-se, via fórmula obtida pela regressão (19), o resultado por meio dos dados das variáveis independentes correspondentes. A sequência em que os pontos aparecem no gráfico é ordenada primeiro por mês e em seguida por instalação. Sendo assim, a ocorrência 1, corresponde ao mês 1, para a instalação 1. A ocorrência 2, corresponde ao mês 1, para a instalação 2, e assim por diante.

Seguindo para a elaboração do IDE relativo às instalações prisionais sob responsabilidade do Poder Executivo Estadual, aqui nomeado como IDE_{PRE} , optou-se por adotar um indicador do tipo “quanto menor, melhor”, composto pela razão entre o valor de energia medida no mês e seu valor respectivo obtido pela equação da regressão, conforme (20).

$$IDE_{PRE} = \frac{CM}{Y_{REGRESSÃO}}$$

(20)

$$IDE_{PRE} = \frac{CM}{-334,84 + 49,34x_1 - 227,69x_2}$$

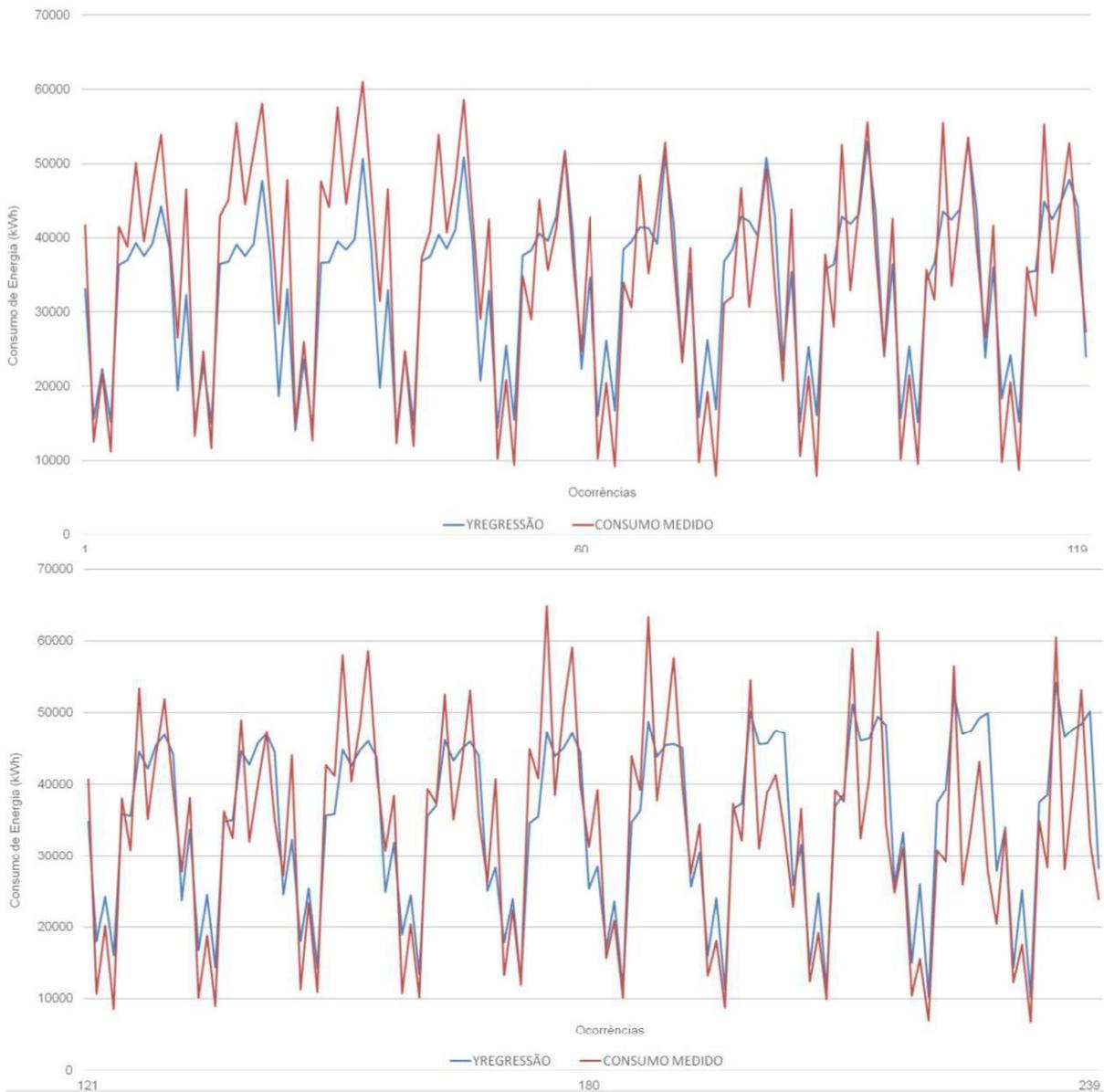
onde

CM = Consumo de energia medido no mês de referência;

x_1 = Número médio de presos na unidade prisional no mês;

x_2 = Temperatura ambiente média mensal externa.

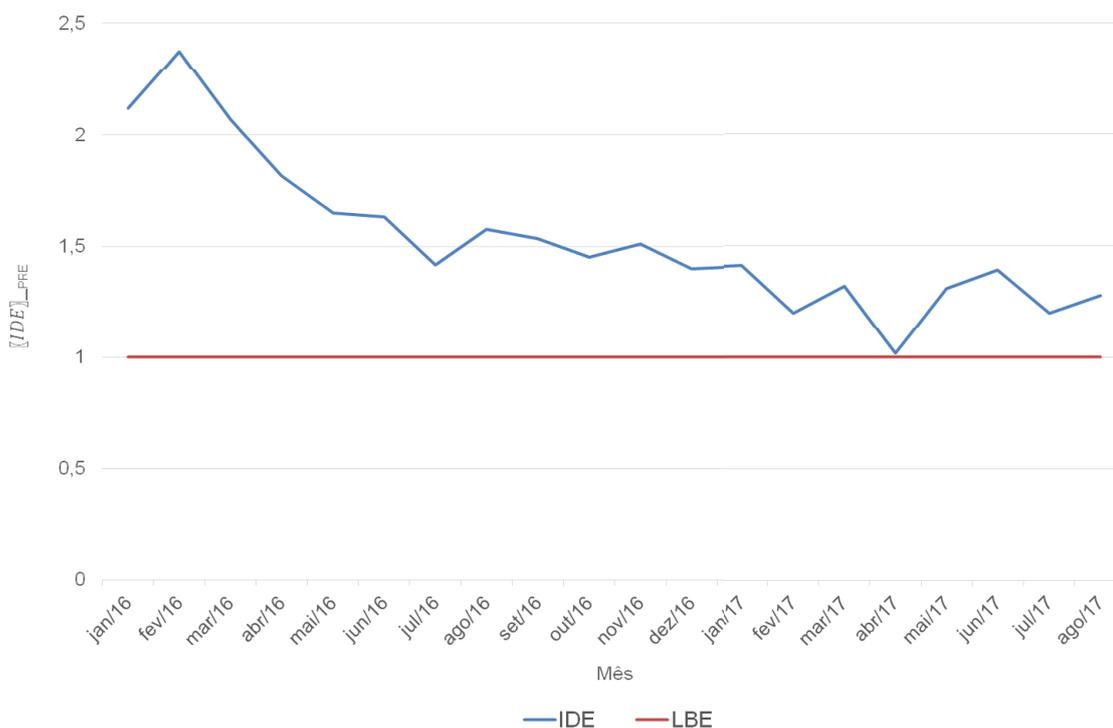
Figura 26: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica nos presídios da amostra.



Fonte: Produção do próprio autor.

De posse do indicador desenvolvido, foi possível obter a LBE desejada. Para efeito de demonstrações gráficas, utilizou-se como exemplo a instalação do PRCI, cujos valores obtidos no período de base estão detalhados na Figura 27.

Figura 27: IDE e LBE calculados para o PRCI no período de base.



Fonte: Produção do próprio autor.

No período analisado, entre janeiro de 2016 e agosto de 2017, nota-se que o PRCI apresentou todas medições do IDE apurado acima da linha de base estabelecida, e, portanto, apresenta desempenho energético bastante ruim. Outro aspecto a ser destacado na Figura 27 é que em fevereiro de 2016 o IDE chegou a superar a LBE em 137%, o que denota um consumo de energia desproporcional ao serviço prestado à população nesse mês no PRCI.

Cabe ressaltar que o comparativo ilustrado na Figura 27 foi realizado entre a linha de base construída a partir dos dados de todos os presídios da amostra e o IDE calculado para um determinado presídio, a saber, o PRCI. Assim, os resultados mostram que o presídio escolhido como exemplo para se traçar a LBE e o IDE encontra-se em situação, do ponto de vista do desempenho energético, ruim frente ao conjunto dos presídios da amostra.

Tais observações demonstram a necessidade de ações de eficiência energética na instalação em questão, de forma a reduzir seu indicador apurado significativamente.

5.5 BATALHÕES DE POLÍCIA

Seguindo a estratégia adotada para os demais grupos de unidades consumidoras, iniciou-se a análise de regressão múltipla quanto às edificações dos batalhões de polícia militar, com o objetivo de se obter um IDE que fosse adequado a todas as unidades consumidoras de perfil semelhante. Para tanto, utilizou-se como variáveis independentes o número de viaturas abastecidas no mês e a temperatura ambiente média mensal externa, e, como variável dependente, o consumo de energia.

Contudo, os resultados alcançados para essa regressão foram insuficientes para se obter um IDE satisfatório contemplando todas as unidades, visto que o parâmetro R^2 obtido foi igual a 0,23, F_0 equivalente a 25,83 e F determinado como sendo 0,95. Considerando que tais resultados não produziram um IDE que atendesse aos objetivos de implantação futura de um SGE certificável, desenvolveu-se a análise de cada batalhão separadamente com seu histórico de consumo e demais dados individualizados.

Assim, realizou-se a análise em nove batalhões, a saber, o 2º BPM (Nova Venécia - ES), o 3º BPM (Alegre - ES), o 4º BPM (Vila Velha - ES), o 9º BPM (Cachoeiro de Itapemirim - ES), o 10º BPM (Guarapari - ES), o 11º BPM (Barra de São Francisco - ES), o 12º BPM (Linhares - ES), o 13º BPM (São Mateus - ES), o 14º BPM (Ibatiba - ES). Os resultados obtidos com essa análise, por edificação, constam na Tabela 15.

Nota-se, observando-se a Tabela 15, que a grande maioria dos parâmetros obtidos nas regressões para cada batalhão da amostra foi insatisfatória, ou seja, os valores de R^2 e do teste F foram insuficientes para comprovar estatisticamente a significância dos modelos.

Assim, de forma a apresentar os resultados que foram considerados mais satisfatórios, tendo em vista os testes estatísticos, optou-se por mostrar os gráficos relativos ao 9º BPM, cujo valor de R^2 apurado foi igual 0,74.

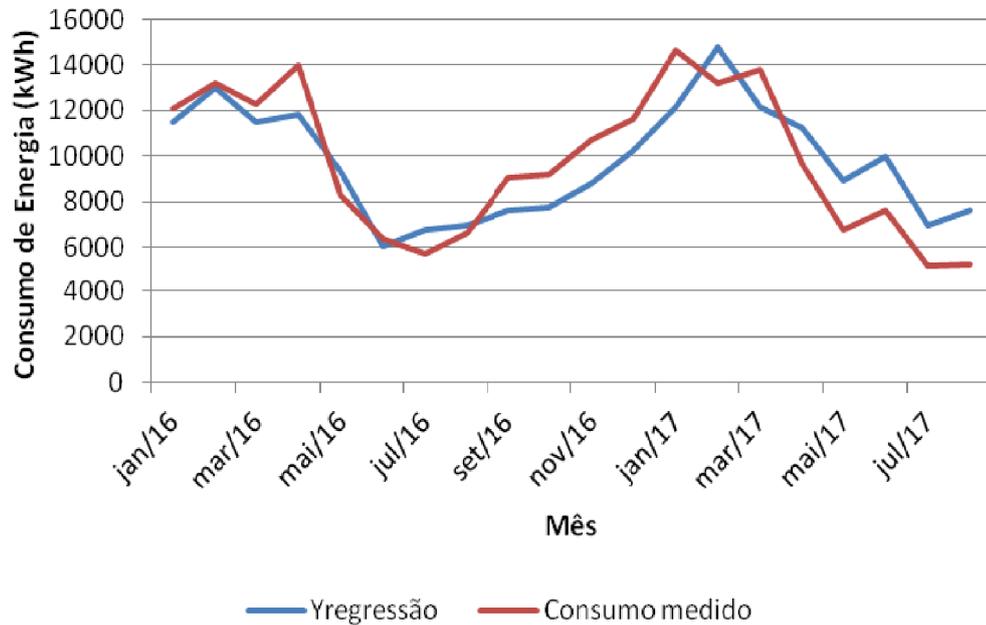
Tabela 15: Parâmetros associados à regressão para os batalhões da amostra.

Batalhão	Parâmetro	Valor calculado	Equação da regressão
2° BPM	R^2	0,38	$Y = -29,49 + 315,38x_1 + 74,87x_2$
	F_0	5,31	
	F	0,95	
3° BPM	R^2	0,60	$Y = -90,33 + 694,84x_1 - 135,67x_2$
	F_0	12,71	
	F	0,95	
4° BPM	R^2	0,26	$Y = -22,43 + 678,12x_1 - 60,71x_2$
	F_0	3,03	
	F	0,95	
9° BPM	R^2	0,74	$Y = -76,00 + 814,69x_1 - 76,01x_2$
	F_0	23,79	
	F	0,95	
10° BPM	R^2	0,49	$Y = -80,40 + 612,52x_1 - 94,11x_2$
	F_0	8,22	
	F	0,95	
11° BPM	R^2	0,44	$Y = -28,27 + 479,10x_1 - 123,81x_2$
	F_0	6,69	
	F	0,95	
12° BPM	R^2	0,59	$Y = 4,83 + 381,90x_1 - 58,93x_2$
	F_0	12,26	
	F	0,95	
13° BPM	R^2	0,18	$Y = -33,62 + 543,74x_1 - 18,68x_2$
	F_0	1,88	
	F	0,95	
14° BPM	R^2	0,09	$Y = 0,18 + 3,55x_1 + 0,38x_2$
	F_0	0,82	
	F	0,95	

Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 28, observa-se os resultados obtidos com a regressão utilizando os dados de número de viaturas abastecidas e a temperatura ambiente média para a cidade de Cachoeiro de Itapemirim - ES, onde se localiza o 9° BPM. Nota-se que a curva obtida pela regressão representou de forma satisfatória o comportamento do consumo de energia.

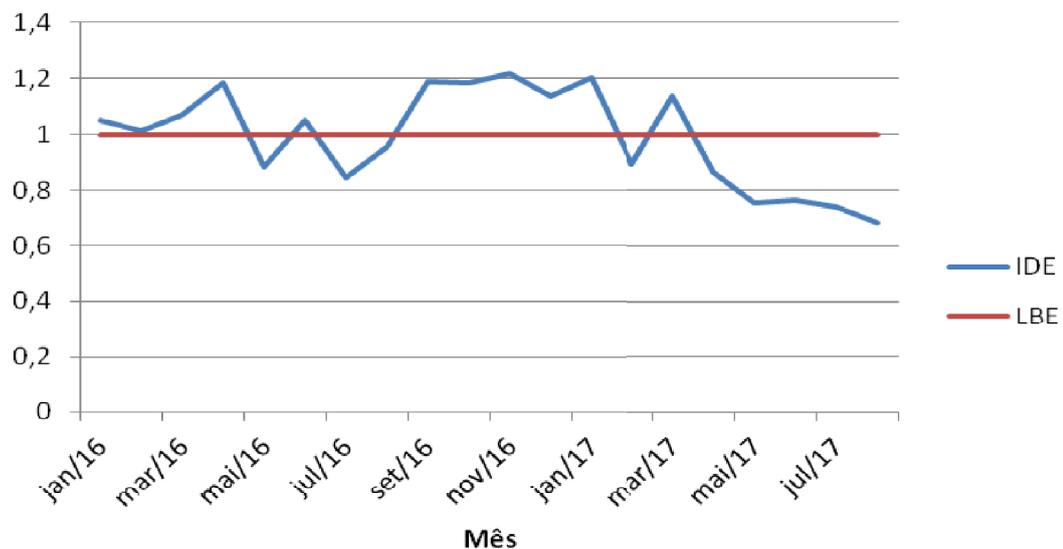
Figura 28: Comparativo do valor obtido pela regressão e o valor medido de consumo de energia elétrica para o 9º BPM.



Fonte: Produção do próprio autor.

Traçando-se a curva para o IDE no período analisado e a linha de base obtida, obteve-se o resultado demonstrado na Figura 29. É possível observar que o IDE superou a linha de base em diversos meses, tendo essa distância se aproximado da casa dos 20% nos meses iniciais da análise. Tais dados indicam a necessidade de ações de eficiência energética na instalação.

Figura 29: IDE e LBE calculados para o 9º BPM.



Fonte: Produção do próprio autor.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

De maneira geral, alcançou-se os objetivos da pesquisa, visto que foi possível o desenvolvimento de indicadores de desempenho energético e linhas de base energética, nos moldes da ISO 50001, quer sejam aplicáveis a todo o conjunto de unidades (caso das escolas, hospitais e presídios), ou desenvolvidos de forma individualizada para cada instalação (caso dos batalhões e das edificações administrativas).

Para os hospitais, a regressão obtida por meio da aplicação da técnica descrita aos dados referentes dos nove hospitais com vinte e quatro meses de observação, 216 pontos no total, explicou de forma satisfatória a variação do consumo de energia elétrica, apresentando um valor de R^2 igual a 0,68 e teste F que apontou para a significância do modelo de 7 variáveis independentes construído.

Quanto às edificações relacionadas à educação, desenvolveu-se um indicador que leva em conta cinco variáveis independentes, tendo se chegado a bons resultados de R^2 , equivalente a 0,81.

Nas edificações administrativas, também se alcançou os objetivos, sendo que, para esse tipo de instalação, foi necessário lançar mão da estratégia de se analisar cada prédio separadamente, gerando um indicador individualizado, o que não ocorreu nos demais grupos supracitados.

Contudo, para se obter os resultados apresentados na presente dissertação, alguns problemas foram encontrados, servindo de alerta para os trabalhos futuros visando à implantação da ISO 50001 no Poder Executivo Estadual. O acesso aos dados relativos a dois grupos de instalações, a saber, batalhões de polícia militar e presídios, revelou ser mais difícil do que quando se planejou a pesquisa. Os obstáculos enfrentados para esses dois grupos não apresentam semelhanças entre si, mas em ambos os casos devem ser levadas em conta, quando da implantação de sistemas de gestão de energia certificáveis, ou mesmo outras iniciativas que demandem acesso contínuo a informações referentes às atividades fim de tais instituições.

No caso dos presídios, cujo acompanhamento é de responsabilidade da Secretaria de Justiça, foi dado acesso completo às variáveis solicitadas, com o nível de

detalhamento que foi necessário, possibilitando, inclusive, o alcance de resultados amplamente satisfatórios quanto ao desenvolvimento de indicadores de desempenho energético. No entanto, o tempo que o setor responsável pela tabulação dos dados levou para fornecer as informações, por força da alta demanda de trabalho a cargo de tal setor, atrasou o desenvolvimento do trabalho. Para a implantação futura de um SGE certificável, tal constatação é preocupante, tendo em vista que é de grande importância o monitoramento com periodicidade satisfatória dos indicadores, orientando as ações de eficiência energética e possibilitando ajustes de procedimentos com vistas às boas práticas de gestão de energia.

Quanto aos batalhões, sob responsabilidade da Polícia Militar e, em nível estratégico, da Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social, diversos caminhos foram utilizados para se chegar a dados que quantificassem a atividade policial com o nível de detalhamento necessário, isto é, por batalhão. Contudo, tais dados acabaram sendo disponibilizados somente de forma consolidada, o que impossibilitava o desenvolvimento de indicadores. Notou-se que, por parte dos gestores, o receio de disponibilização de informações detalhadas após a greve ocorrida em fevereiro de 2017 era enorme. Tal fato é amplamente justificável tendo em vista que os servidores públicos dessa área passaram a ter cautela bastante ampliada por conta dos inúmeros processos administrativos disciplinares que atualmente encontram-se abertos. Além disso, o acesso aos dados via dispositivos regulamentados pela Lei da Transparência seria demasiadamente demorado, o que, na prática inviabilizaria tal solução. Assim, partiu-se para análises utilizando somente dados já disponíveis para o autor da pesquisa, oriundos do acompanhamento do contrato corporativo de gerenciamento e fornecimento de combustíveis, esse sob responsabilidade da Secretaria de Gestão de Recursos Humanos. Esses problemas de acesso aos dados acabaram por prejudicar os resultados quanto ao desenvolvimento de indicadores para os batalhões, sendo plenamente satisfatórios em apenas uma instalação, a saber, o 9º BPM.

Entende-se que o desempenho ruim dos modelos adotados para análise das instalações dos batalhões (PMES) não prejudicou centralmente a abrangência do presente trabalho, tendo vista que, como mostra a Tabela 16, tal grupo representa apenas 9,43% do consumo total de energia do Governo do Estado.

Tabela 16: Percentual de participação de cada grupo no consumo total do Governo do ES.

GRUPO	PARTICIPAÇÃO
ADM	20,02%
PMES	9,43%
SEDU	25,58%
SEJUS	12,10%
SESA	22,93%
DEMAIS GRUPOS	9,94%

Fonte: Produção do próprio autor.

Porém, considerando o histórico de engajamento institucional da Polícia Militar nos programas governamentais com vistas à redução de gastos, tais como o *Mais com Menos*, infere-se que, após a melhoria do clima institucional, seja possível a implantação de SGE certificável, seja utilizando como fronteira todo o conjunto de batalhões, seja por meio de implantações por etapas em unidades selecionadas.

Nos demais grupos de unidades consumidoras, a saber, escolas, hospitais e edificações administrativas, além dos bons resultados alcançados, o acesso às informações se deu com relativa facilidade e em tempo hábil.

No que tange à forma de obtenção dos dados, no geral os mesmos foram acessados por meio de sistemas de informação já utilizados pelos órgãos, o que abre possibilidades de integrações futuras com um SGE informatizado.

Ademais, destaca-se que a experiência obtida em projetos e programas anteriores no governo estadual comprova que somente a disponibilização de indicadores, bem como a verificação de metas comparadas entre as diversas secretarias, já produzem um efeito sobre os gestores, fomentando a melhoria da eficiência. Tanto o modelo de gestão de projetos adotado no Governo do Estado do Espírito Santo, sob responsabilidade da Secretaria de Economia e Planejamento, quanto os programas para contenção de despesas de custeio, em geral desenvolvidos pela Secretaria de Gestão e Recursos Humanos, são exemplos claros dessa constatação.

Contudo, a metodologia de desenvolvimento de indicadores baseados na ISO 50001 apresenta vantagens claras em relação ao simples acompanhamento das despesas com energia elétrica, realizado em programas anteriores. Quanto se trabalha corretamente o procedimento de um SGE certificável, os indicadores desenvolvidos

impedem que bons resultados na redução do consumo de energia sejam obtidos pelos gestores por meio da redução dos serviços prestados à população.

Por fim, entende-se que uma futura implantação de um SGE certificável no âmbito da Administração Pública Estadual traria bons resultados, não só no campo da gestão de energia, mas também ganhos com a formação de uma cultura institucional de acompanhamento sistemático de resultados, a qual seria possível replicar em outras áreas de atuação, como bem mostrou os casos encontrados na literatura. Tal iniciativa estaria em perfeita consonância com os valores cada vez mais exigidos pela sociedade em relação à administração pública, tais como a eficiência e a transparência em seus atos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50.001**: Sistemas de gestão da energia - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR ISO 50.002**: Diagnósticos Energéticos - Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR ISO 50.003**: Sistemas de Gestão de Energia - Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. **NBR ISO 50.004**: Sistemas de gestão da energia - Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia. Rio de Janeiro, 2016b.

_____. **NBR ISO 50.006**: Sistemas de gestão de energia - Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) - Princípios gerais e orientações. Rio de Janeiro, 2016c.

ALCÁZAR-ORTEGA, M. et al. Certification prerequisites for activities related to the trading of demand response resources. **Energy**, v. 93, p. 705-715, 2015.

AL-MANSOUR, F. Energy efficiency trends and policy in Slovenia. **Energy**, v. 36, p. 1868-1877, 2010.

AMAN, S.; SIMMHAN, Y.; PRASANNA, V. K. Energy management systems: state of the art and emerging trends. **IEEE Communications Magazine**, v. 51, p. 114-119, 2013.

ANDERSSON, E. et al. A study of the comparability of energy audit program evaluations. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2133-2139, 2017.

ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

ATES, S. A. Energy efficiency and CO2 mitigation potential of the Turkish iron and steel industry using the LEAP (long-range energy alternatives planning) system. **Energy**, v. 90, p. 417-428, 2015.

BAKAR, N. N. A. et al. Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 1-11, 2015.

BAUER, M.; SCARTEZZINI, J. L. A simplified correlation method accounting for heating and cooling loads in energy-efficient buildings. **Energy and Buildings**. v. 27, p. 147-154, 1998.

BARBETTA, G. P.; CANINO P.; CIMA, S. The impact of energy audits on energy efficiency investment of public owners. Evidence from Italy. **Energy**, v. 93, p. 1199-1209, 2015.

BATTAGLINI, A.; LILLIESTAM, J.; HAAS, A.; PATT, A. Development of Super Smart Grids for a more efficient utilization of electricity from renewable sources. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 911-918, 2009.

BENEDETTI, M.; CESAROTTI, V.; INTRONA, V. From energy targets setting to energy-aware operations control and back: An advanced methodology for energy efficient manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1518-1533. 2016.

BENEDETTI, M.; et al. Energy consumption control automation using Artificial Neural Networks and adaptive algorithms: Proposal of a new methodology and case study. **Applied Energy**, v. 165, p. 60-71. 2016.

BLASS, V.; CORBETT, C. J.; DELMAS, M. A.; MUTHULINGAM, S. Top management and the adoption of energy efficiency practices: Evidence from small and medium-sized manufacturing firms in the US. **Energy**, v. 65, p. 560-571, 2014.

BÖTTCHER, C.; MÜLLER, M. Insights on the impact of energy management systems on carbon and corporate performance. An empirical analysis with data from German automotive suppliers. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 1449-1457, 2016.

CARVALHO, M. G. EU energy and climate change strategy. **Energy**, v. 40, p. 19-22, 2012.

CAVALHEIRO, J; CARREIRA, P. A multidimensional data model design for building energy management. **Advanced Engineering Informatics**, v. 30, p. 619-632, 2016.

Clean Energy Ministerial - CEM. LG Chem, Ltd. Ochang Plant: Acrylic Film for LCD Modules & Lithium Ion Batteries Manufacture – improves Energy Performance 9.39% due to the implementation of EnMS in 2014. Disponível em: <<http://www.cleanenergyministerial.org>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CHIARONI, D. et al. Overcoming internal barriers to industrial energy efficiency through energy audit: a case study of a large manufacturing company in the home appliances industry. **Clean Technologies and Environmental Policy Assents**, v.19(4), p.1031-1046, 2017.

Chen, C; Peng, J; Yu, H. Building energy saving performance indices for cleaner semiconductor manufacturing and an empirical study. **Computers & Industrial Engineering**, v. 99, p.448-457, 2016.

CHO S. et al. Effect of length of measurement period on accuracy of predicted annual heating energy consumption of buildings. **Energy Conversion and Management**. v. 45, p. 2867-2878, 2004.

CORRAR, L.J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

CLEAN ENERGY MINISTERIAL - CEM. LG Chem, Ltd. Ochang Plant: **Acrylic Film for LCD Modules & Lithium-Ion Batteries Manufacture – improves Energy Performance 9.39% due to the implementation of EnMS in 2014**. Disponível em: <<http://www.cleanenergyministerial.org/energymanagement>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

ERAS, J. J. C. et al. Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels. **Journal of Cleaner Production**. v. 137, p. 803-8012, 2016.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **DECRETO nº 3755-R, de 02 de Janeiro de 2015**. Vitória, 2015. Disponível em: <<http://www.dio.es.gov.br>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

_____. Portal da Transparência. 2017. Disponível em: <<http://www.transparencia.es.gov.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

ÉTICA ENGENHARIA. **Diagnóstico Energético**: Hospital Geral e Infantil Dr. Alzir Bernardino Alves - HIMABA. Vitória, 2011a.

_____. **Diagnóstico Energético**: EEEM Arnulpho Mattos. Vitória, 2011b.

_____. **Diagnóstico Energético**: Penitenciária Regional de Cachoeiro de Itapemirim. Vitória, 2011c.

EVO – EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - vol. 1 - EVO 10000 – 1:2010 (Br)**. Sofia: EVO, 2012.

FIEDLER, T.; MIRCEA, P. Energy management systems according to the ISO 50001 standard – Challenges and benefits. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED AND THEORETICAL ELECTRICITY, 11., 2012, Craiova. **Proceedings**. Craiova: IEEE, 2012. p.1-4.

FRESNER, J. et al. Energy efficiency in small and medium enterprises: Lessons learned from 280 energy audits across Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 1650-1660, 2017.

GHADERI, A.; MOGHADDAM, M. P.; SHEIKH-EL-ESLAMI, M.K. Energy efficiency resource modeling in generation expansion planning. **Energy**, v. 68, p. 529-537, 2014.

GIANNI, M.; GOTZAMANI, K. Management systems integration: lessons from an abandonment case. **Journal of Cleaner Production**. V. 86, p. 265-276, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOPALAKRISHNAN, B. et al. A structured approach for facilitating the implementation of ISO 50001 standard in the manufacturing sector. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 7, p. 154-165, 2014.

GRANDERSON, J. et al. Accuracy of automated measurement and verification (M&V) techniques for energy savings in commercial buildings. **Applied Energy**, v. 173, p. 296-308, 2016.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 50015**: Energy management systems – Measurement and verification of energy performance of organizations - General principles and guidance. Geneva, 2014.

JOCHEM, P. K. R. Success factors and organizational approaches for the implementation of energy management systems according to ISO 50001. **The TQM Journal**, v. 27, p. 361-381, 2015.

KE, M.; YEH, C.; SU, C. Cloud computing platform for real-time measurement and verification of energy performance. **Applied Energy**. V. 188, p. 497-507, 2017.

KLUCZEK, A.; OLSZEWSKI, P. Energy audits in industrial processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3437-3453, 2017.

LEE, D.; CHENG, C. Energy savings by energy management systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 760-777, 2016.

LIANG, X.; HONG, T.; SHEN, G. Q. Improving the accuracy of energy baseline models for commercial buildings with occupancy data. **Applied Energy**, v. 179, p. 247-260, 2016.

LONGO, S. et al. Monitoring and diagnosis of energy consumption in waste water treatment plants. A state of the art and proposals for improvement. **Applied Energy Policy**, v. 179, p. 1251-1268, 2016.

MARINAKIS, V. et al. An integrated system for buildings' energy-efficient automation: Application in the tertiary sector. **Applied Energy**, v. 101, p. 6-14, 2013.

MAY, G. et al. Energy management in production: A novel method develop key performance indicators for improving energy efficiency. **Applied Energy**, v. 149, p. 46-61, 2015

Ministério da Saúde. **Informações de Saúde (TABNET)**. Brasília/DF: MS, 2017. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>. Acesso em: fev ; mai. 2017.

Ministério do Meio Ambiente. **Acordo de Paris**. Brasília/DF: MMA, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

MOHAMAD, F. et al. Implementation of ISO 50001 energy management system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY MANAGEMENT AND EMERGING TECHNOLOGIES, 1, 2014, Bandung. **Proceedings**. Bandung: IEEE, 2014. p. 275-280.

MOYA, D.; TORRES, R.; STEGEN, S. Analysis of the Ecuadorian energy audit practices: A review of energy efficiency promotion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 289-296, 2016.

Nações Unidas. **Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática**. Paris: ONU, 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/cop21/>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

NIAMPIRA, L. J. B.; HOYOS, A. Y. L.; CHAVES, F. D. M. Rational Use of Energy in State Buildings, Case Study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE ENERGIES AND ENERGY QUALITY, 3., 2012, Barranquilla. **Proceedings**. Barranquilla: IEEE, 2012. p.1-6.

NIESING, G.; GROBLER, L. J. Business basics for energy efficiency - Using the principles of energy management combined with renewable energy to achieve sustainable savings - A case study. In: INDUSTRIAL AND COMMERCIAL USE OF ENERGY CONFERENCE, 10, 2013, Cape Town. **Proceedings**. Cape Town: IEEE, 2013. p. 1-5.

O'CONNELL, S.; RIVERSO, S. **Flexibility Analysis for Smart Grid Demand Response**. 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1704.01308>. Acesso em: 31 mai. 2017.

O'Neill, Z.; O'Neill, C. Development of a probabilistic graphical model for predicting building energy performance. **Applied Energy**. V. 164, p. 650-658, 2016.

PARAMONOVA, S.; THOLLANDER, P.; OTTOSSON, M. Quantifying the extended energy efficiency gap-evidence from Swedish electricity-intensive industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 472-483, 2015.

PETRI, I.; et al. A modular optimisation model for reducing energy consumption in large scale building facilities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 38, p. 990-1002, 2014.

PHAM, T. H. H. Energy management systems and market value: Is there a link? **Economic Modelling**, v. 46, p. 70-78, 2015.

PROSKURYAKOVA, L; KOVALEV, A. Measuring energy efficiency: Is energy intensity a good evidence base?. **Applied Energy**, v. 138, p. 450-459, 2015.

QUYEN, H. A.; LE, T. T. T. The energy management according to ISO 50001:2011 standard and AEMAS scheme feasibly implement in Vietnam. In: INTERNATIONAL POWER & ENERGY CONFERENCE, 10., 2012, Ho Chi Minh City. **Proceedings**. Ho Chi Minh City: IEEE, 2012. p.289-294.

RADULOVIC, D.; SKOK, S., KIRINCIC, V. Energy efficiency public lighting management in the cities. **Energy**, v. 36, p. 1908-1915, 2010.

RIBEIRO, P. S; CUNHA, C. C. M; FERREIRA, E. A. Factors for the Success of ISO 50001. In: LATIN AMERICAN ENERGY ECONOMICS MEETING, 6th, 2017, Rio de Janeiro. **Proceedings**. Rio de Janeiro: ALADEE, 2017.

SUČIĆ, B.; ANĐELKOVIĆ, A. S.; TOMŠIĆ, Z. The concept of an integrated performance monitoring system for promotion of energy awareness in buildings. **Energy and Buildings**. v. 98, p. 82-91, 2015.

SUCIC, B. et al. Context sensitive production planning and energy management approach in energy intensive industries. *Energy*, v., p. 1-11, 2015.

SWANEPOEL, J. A. et al. Integrated energy optimization for the cement industry: A case study perspective. **Energy Conversion and Management**, v. 78, p. 765-775, 2014.

Tomašević, N. M. Ontology-based facility data model for energy management. **Advanced Engineering Informatics**. v. 29, p. 971-984, 2015.

VIESI, D. et al. Energy efficiency and sustainability assessment of about 500 small and medium-sized enterprises in Central Europe region. **Energy Policy**, v. 105, p. 363-374, 2017.

WESSELS, A. Energy management system implementation at Toyota SA. In: CONFERENCE ON THE INDUSTRIAL AND COMMERCIAL USE OF ENERGY, 8., 2011, Durban. **Proceedings**. Durban: IEEE, 2011. p. 40-45.

YACINE, A. et al. Energy and comfort assessment in educational building: Case study in a French university campus. **Energy & Buildings**, v. 143, p. 202-219, 2017.

ZHAO, H.; MAGOULÈS F. A review on the prediction of building energy consumption. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 16, p. 3586-3592, 2012.