

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNO DE OLIVEIRA GOMES RIBEIRO
KIANE ALVES E SILVA

INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA AUXILIAR A
TOMADA DE DECISÃO DE INVESTIMENTO EM PROJETOS DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

BRUNO DE OLIVEIRA GOMES RIBEIRO
KIANE ALVES E SILVA

**INDICADOR DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA AUXILIAR A
TOMADA DE DECISÃO DE INVESTIMENTO EM PROJETOS DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Elétrica, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Luiz Amilton Pepplow

CURITIBA

2018

Bruno de Oliveira Gomes Ribeiro
Kiane Alves e Silva

Indicador de eficiência energética para auxiliar a tomada de decisão de investimento em projetos de eficiência energética em instituições de ensino

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 08 de fevereiro de 2018.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Mestre
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Luiz Amilton Peplow, Mestre.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Alvaro Augusto de Almeida, Mestre.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Amilton Peplow, Mestre.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roberto Cesar Betini, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

Resumo

RIBEIRO, Bruno de O. G.; SILVA, Kiane Alves e. **Indicador de eficiência energética para auxiliar a tomada de decisão de investimento em projetos de eficiência energética em instituições de ensino**. 2018. 73 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Este trabalho apresenta um Indicador de Eficiência Energética, no intuito de auxiliar a Tomada de Decisão relacionada a investimentos em projetos de Eficiência Energética em Instituições de Ensino Superior (IES). O objetivo é subsidiar o Tomador de Decisão (Reitores, Pró - reitores e/ou Diretores) na projeção do consumo de energia elétrica e os correspondentes recursos financeiros necessários para investimentos em ampliações. A amostra de pesquisa é de 25 Instituições Federais de Ensino do sul do Brasil, das quais foram considerados os seguintes dados: o consumo de energia elétrica, o número de alunos matriculados e a área construída, obtidos por meio de documentos públicos disponíveis na Internet. Para definição do modelo que correlaciona as variáveis independentes (alunos matriculados e área construída) para obter o valor da variável dependente (consumo de energia), utiliza-se o método estatístico de Análise de Regressão Linear Múltipla, com suporte da ferramenta computacional IBM SPSS Statistics Base 23 para Windows. O desenvolvimento da Regressão e análise de fatores sociais e ambientais permitiu o desenvolvimento de um indicador capaz de realizar uma estimativa do consumo de uma universidade, refletindo o impacto que um projeto de eficiência energética tem em questões como ampliação do número de alunos em universidades, ou a redução na emissão de gases do efeito estufa. As equações demonstradas foram testadas com os dados levantados das universidades, com posterior discussão dos erros encontrados.

Palavras-chave: Indicador. Tomada de Decisão. Regressão. Consumo de Energia.

Abstract

RIBEIRO, Bruno de O. G.; SILVA, Kiane Alves e. **Energy efficiency indicator to assist the decision making of investment in energy efficiency projects in education institutions**. 2018. 73 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This paper presents an Energy Efficiency Indicator, with no intention to assist the Decision Making related to investments in Energy Efficiency projects in Higher Education Institutions (IES). The objective is to support the Decision Maker (Rectors, Pro-rectors and/or Directors) in the projection of electricity consumption and the corresponding financial resources necessary for investments in extensions. The research sample is of 25 Federal Institutions of Education of the south of Brazil, of which the following data were considered: the consumption of electrical energy, the number of enrolled students and the constructed area, obtained through public documents available on the Internet. For the definition of the model that correlates the independent variables (students enrolled and built area) to obtain the value of the dependent variable (energy consumption), the statistical method of Multiple Linear Regression Analysis is used, with support of the computational tool IBM SPSS Statistics Base 23 for Windows. The development of Regression and analysis of social and environmental factors allowed the development of an indicator capable of estimating the consumption of a university, reflecting the impact that an energy efficiency project has on issues such as increasing the number of students in universities, or reduction in greenhouse effect gas emissions. The equations demonstrated were tested with the data collected from the universities, with subsequent discussion of the errors found.

Key words: Indicator. Decision Making. Regression. Energy consumption.

Índice de Figuras

Figura 1: Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL.....	11
Figura 2: Impacto Relativo pelas Principais Substâncias.....	21
Figura 3: Etapas para a Construção de Indicadores - Adaptado.	27
Figura 5: Maiores Consumos.....	38
Figura 6: Maior Número de Alunos	38
Figura 7: Maiores Áreas Construídas	39
Figura 8: Relação entre Consumo e Número de Alunos por Universidade	41
Figura 9: Relação entre Consumo e Área Construída por Universidade.....	42
Figura 10: Relação entre Número de Alunos e Área Construída por Universidade.....	43
Figura 11: Dados no Software	44
Figura 12: Janela do Software	45
Figura 13: Janela de Especificações do Software	45
Figura 14: Potencial de impacto relativo (Kg CO ₂ eq./MW) na geração de energia elétrica no Brasil para os anos de 2014 a 2024.....	58

Índice de Tabelas

Tabela 1: Projeção do Consumo de Energia Elétrica.....	10
Tabela 2: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016.....	18
Tabela 3: Energia v.s. problema ambiental	20
Tabela 4: Quadro Comparativo entre Técnicas de Coleta de Dados	28
Tabela 5: Base de Dados.....	37
Tabela 6: Relações entre as Variáveis.....	40
Tabela 7: Relatório do Software	46
Tabela 8: Grau de Relação entre as Variáveis.....	46
Tabela 9: Análise ANOVA	47
Tabela 10: Relatório dos Coeficientes.....	47
Tabela 11: Comparação valor real e calculado	49
Tabela 12: Cenários Simulados.....	55
Tabela 13: Fatores Sociais	56
Tabela 14: Ganho Social	57
Tabela 15: Relação entre Energia Evitada e Redução de CO ₂	59
Tabela 16: Emissão de Dióxido de Carbono.....	61

Lista de Siglas

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CCVA	Custo de Vida Anual
CEE	Custo de Energia Economizada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IEE	Indicador de Eficiência Energética
IES	Instituição de Ensino Superior
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Eficiência Energética
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RLM	Regressão Linear Múltipla
SPDE	Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética
TIR	Taxa Interna de Retorno

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	8
1.1.	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	9
1.2.	OBJETIVOS	13
1.2.1.	Objetivo Geral	13
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	13
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	13
1.4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1.	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
2.1.1.	Eficiência Energética em Universidades.....	16
2.1.2.	Fator De Influência Econômico-Social	17
2.1.3.	Fator de Influência Ambiental	19
2.2.	TOMADA DE DECISÃO NAS IES	22
2.3.	CONCEITO DE INDICADORES	23
2.3.1.	Indicador Econômico.....	25
2.4.	CONSTRUÇÃO DO INDICADOR.....	26
2.5.	REGRESSÃO LINEAR	30
2.6.	CONSIDERAÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO.....	32
3.	DESENVOLVIMENTO DO INDICADOR	34
3.1.	O QUE MENSURAR	34
3.2.	COMO MENSURAR.....	34
3.3.	COLETA DE INFORMAÇÕES	34
3.3.1.	Análise dos dados	36
3.3.2.	Relação entre as variáveis	40
3.4.	MENSURAÇÃO	44
3.5.	APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO	48
3.6.	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.....	50
3.7.	ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL.....	55
3.7.1.	Regressão linear fator ambiental	59
4.	CONCLUSÃO.....	62
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXOS	68

1. INTRODUÇÃO

Na década de 70, um choque no preço do petróleo fez com que, pela primeira vez, a ideia de eficiência energética entrasse na agenda mundial. A partir de então, reconheceu-se a possibilidade de obter um mesmo serviço com um menor gasto de energia. Por conseguinte, com menor impacto econômico, ambiental, social e cultural.

Houve, então, uma análise de equipamentos e modos de consumo, referente à conservação de energia. Com isso, foi demonstrado que as implantações de iniciativas de eficiência energética eram economicamente viáveis, quando comparado o custo com a energia evitada (energia que deixou de ser consumida).

O problema relacionado à energia é a relação entre a oferta e demanda. A cada dia aumenta a parcela referente a dependência da energia para a realização das atividades rotineiras. Por esse motivo a crise energética se torna uma pauta tão importante, ampla e complexa. A preocupação é que a geração de energia não acompanha o aumento constante da demanda. Com isso, aumentou-se o custo da energia - consequentemente, o custo de processos e serviços realizados com sua contribuição.

No Brasil, o Governo criou várias políticas públicas que foram sendo adotadas nos últimos anos. Alguns exemplos são o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE), Reluz, a Lei do Banimento de Lâmpadas Incandescentes e o Incentivo à P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) na Indústria. Todas essas medidas tomadas, têm o intuito de melhorar a eficiência energética das instalações públicas e privadas.

O conceito de eficiência energética ainda é muito debatido. Patterson (1996) descreve *“a eficiência energética é um termo genérico, e não há uma medida quantitativa inequívoca de “eficiência energética”*. Para Boyd (2014), a eficiência energética depende de um ponto de vista: *“A eficiência é uma medida de desempenho relativo; mas em relação a quê? Definir a eficiência energética exige uma escolha de um ponto de referência contra a qual comparar o uso de energia”*. Nesse contexto, tem-se os Indicadores de Eficiência Energética (IEE).

Os Indicadores Energéticos são instrumentos que refletem a medida na qual a energia é utilizada (PEPLOW et al 2016). De modo geral, os indicadores expressam, de forma simples, uma determinada situação que se deseja avaliar (FERNANDES,

2004). Assim sendo, ele auxilia tomadores de decisão, permitindo que monitorem seus processos e observem seu desempenho, ajudando a identificar falhas e pontos de possíveis melhorias. Para Abreu et al (2010), com relação ao desenvolvimento sustentável os indicadores mostram como a quantidade de energia foi aproveitada ou não.

De acordo com Patterson (1996) os principais grupos de indicadores de eficiência energética são: termodinâmico, físico-termodinâmico, econômico-termodinâmico e econômico.

Para Tavares e Monteiro (2014) os indicadores econômicos têm como característica principal a mensuração da energia de entrada e saída em valor monetário. Porém, esses indicadores não medem o “custo da energia evitada”. Essa medida seria de grande aplicação prática, pois tornaria possível informar ao público quando uma determinada medida de eficiência energética é viável.

Grande parte dos estudos de eficiência energética devem ser realizados em Universidades, para Nepomuceno et al (2005) *“as universidades devem contribuir significativamente para um uso eficiente dos recursos energéticos disponíveis, tanto com o ensino, quanto com medidas que permitam o uso eficiente de energia em suas próprias instalações”*. Desse modo, é válido a premissa de que as Instituições de Ensino devem ter instalações com um melhor plano de eficiência energética.

É válido pressupor como de grande importância uma análise mais ampla da eficiência energética nas Instituições de Ensino Superior (IES), subsidiando o estudo da viabilização de novos projetos em suas instalações, por meio da utilização de um indicador que mostre a economia gerada a partir da aplicação de tais projetos, buscando fortalecer o processo de tomada de decisão do investidor público e privado.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Existe uma crescente preocupação em descobrir formas mais eficientes de se utilizar a energia. Como demonstra a Tabela 1 (EPE, 2017), a previsão é de que o consumo de energia aumente 4,1% entre os anos de 2014 e 2024, o que enfatiza a necessidade de se desenvolver formas de geração e consumo de energia mais eficientes.

Tabela 1: Projeção do Consumo de Energia Elétrica

Ano	Consumo (TWh)
2016	517
2021	613
2026	744
Período	Consumo ($\Delta\%$ a.a.)
2016-2021	3,5
2021-2026	3,9
2016-2026	3,7

Fonte: EPE, 2017

É possível observar na Tabela 1 uma projeção de crescimento no consumo de energia elétrica de aproximadamente 230 TWh em apenas 10 anos. Esse aumento representa quase 50% do atual consumo. Paralelamente, o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), em seus estudos de suporte, destaca a importância das ações de eficiência energética no longo prazo, onde esta contribuição deverá ser de aproximadamente 20%, ou cerca de 138 milhões de tep¹ em 2050. Esses dados demonstram a importância dos projetos de eficiência energética.

O PNE 2050, também destaca barreiras para o investimento governamental em projetos de eficiência energética, dentre elas tem-se: o âmbito regulatório, o administrador de energia e o setor financeiro. A primeira barreira se deve a fortes restrições legais; a segunda a falta de incentivo aos administradores públicos promoverem a economia de energia; a terceira devido aos riscos financeiros para financiar projetos junto ao setor público ou instituições financeiras diretamente. Somado a essas barreiras, existe a atual crise econômica presente no país, limitando os recursos repassados para projetos de eficiência energética.

Com a preocupação em desenvolver projetos de eficiência energética, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu o Programa de Eficiência Energética (PEE). Segundo a SPE (2015) o objetivo do programa é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos

¹ Tep – Tonelada equivalente de petróleo, sendo 01 Tep equivalente a $11,63 \times 10^3$ kW.h

que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia.

A partir da Figura 1 (ANEEL, 2016) pode-se observar o número total de projetos inscritos no PEE em diferentes setores, até o dia 31 de março de 2016, acompanhado da porcentagem em relação ao total dos projetos.

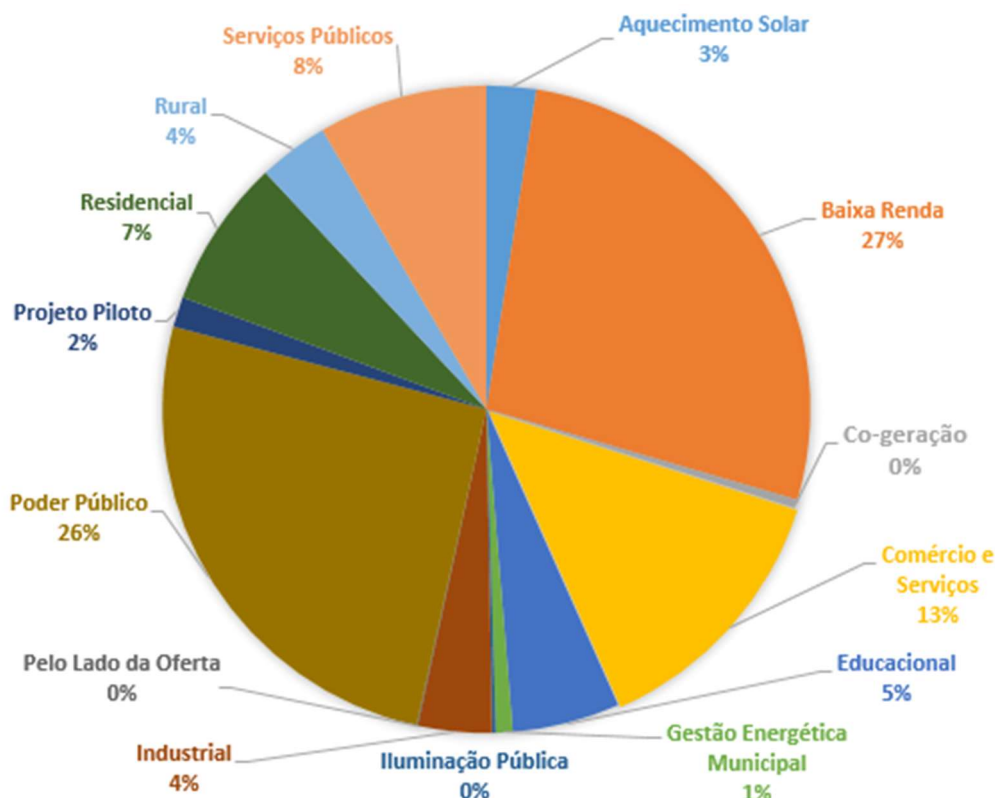


Figura 1: Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL
Fonte: ANEEL, 2016

Observa-se na Figura 1 que apenas 5% dos projetos são destinados a área Educacional. Esse valor é desproporcional quando comparado ao número de IEs existentes. Para exemplificar, em 2014, o Brasil tinha um total de duas mil trezentas e noventa e uma instituições de ensino superior (MARTINS, 2014). Pode-se concluir, que as IEs, apesar da sua importância no quadro de consumo de energia elétrica, apresentam uma pequena participação no montante dos projetos de eficiência energética.

De acordo com Pepplow (2016) para pontuar e definir os melhores projetos dentre os apresentados pelos proponentes em edital de Chamada Pública, foram definidos critérios de pontuação na avaliação destes projetos, de acordo com os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE): (i) Relação custo-

benefício; (ii) Peso do investimento em equipamentos no custo total; (iii) Impacto direto na economia de energia e redução de demanda na ponta; (iv) Qualidade do projeto; (v) Capacidade para superar barreiras de mercado e efeito multiplicador; (vi) Experiência em projetos semelhantes; (vii) Contrapartida; (viii) Incentivo e usos finais; (ix) Ações educacionais e divulgação; (x) Economia de escala.

Pode-se observar que os critérios listados acima, em sua maioria, se resumem em uma análise apenas técnico-econômica, porém ao se estudar a implementação de um projeto de eficiência energética em uma IE, devido a sua importância social, mais fatores devem ser considerados tais como o impacto ambiental, a possibilidade de realocação de verbas, entre outros.

Conforme observado por Pepplow et al (2016) o consumo de energia elétrica em Instituições de Ensino pode ser reduzido por meio de ações de eficiência energética de curto prazo que geram redução imediata no consumo e demanda de energia elétrica. Logo, é relevante conhecer bem as instalações e os processos que utilizam energia elétrica. Para isso, os gestores devem utilizar de ferramentas que os auxiliem, como faturas de energia, monitoramento de consumo e indicadores econômicos (MORALES, 2007).

Como integrantes do problema de pesquisa identificam-se a inobservância de critérios diferentes dos técnicos econômicos aplicados na análise de Projetos de Eficiência Energética pelas Concessionárias de Energia em seus Programas de Eficiência Energética, bem como, a não observância por parte dos administradores de Instituições de Ensino em seus planos de investimento de recursos quanto ao retorno de investimento não só em termos econômicos, mas também sob o enfoque de retorno à sociedade, desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que servirão de exemplo aos estudantes, reflexos sobre aspectos ambientais, etc.

Em função desta problemática, entende-se como importante o desenvolvimento de um Indicador de Eficiência Energética capaz de analisar um projeto que será aplicado em uma IE, limitando-se ao estudo de Instituições do Sul do Brasil, considerando fatores que reflitam a verdadeira importância da IE e seu impacto na sociedade, auxiliando da melhor forma na tomada de decisão da implementação de um projeto de eficiência energética.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Elaborar um Indicador de Eficiência Energética para auxílio na tomada de decisão de projetos de eficiência energética em IEs públicas e privadas, considerando fatores econômicos, sociais e ambientais.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar e adquirir conceitos sobre Indicadores Econômicos, modelos de Tomada de Decisão, bem como diferentes fatores considerados na construção do indicador como fatores econômicos, sociais e ambientais;
- Identificar as principais características envolvidas nas diferentes atividades desenvolvidas em Instituições de Ensino, bem como os insumos utilizados e os custos correspondentes;
- Identificar a energia evitada a partir de projetos de eficiência energética já implementados;
- Desenvolver um modelo de análise para elaborar um Indicador de Eficiência Energética capaz de auxiliar na tomada de decisão para investimentos em projetos de eficiência energética em Instituições de Ensino.

1.3. JUSTIFICATIVA

Como observado nos dados anteriormente apresentados, é possível supor que há pouco investimento em projetos de eficiência energética na área educacional. Sendo assim, os projetos implementados têm a necessidade de serem eficientes para suprir a demanda. É importante não analisar apenas os gastos, sempre adequando a instituição às reais necessidades e o custo-benefício nas diferentes áreas para que as decisões tomadas sejam as melhores possíveis.

O setor público em 2011 consumia em média 9,2% do total de energia elétrica do país, e estima-se que cerca de 80% deste consumo destinava-se a prédios públicos (AMARAL et al, 2011).

De acordo com Abreu et al (2010) “a *eficiência técnico-econômica se refere a redução de consumo na energia específica que se deve à melhoria técnica, mudanças no comportamento, melhor gerenciamento, etc*”. Partindo dessa premissa, evidencia-se a necessidade de um melhor estudo da principal fonte de consumo energético, visando um melhor aproveitamento e pontuando sua importância. Como foi observado no item 1.1, Figura 1, pouco se tem investido em projetos de eficiência energética na área educacional. Ainda há uma grande carência de dados e estudos abrangentes no país sobre o consumo de energia nas IEs (JANUZZI *apud* PEPFLOW et al, 2016). Muitas vezes se investe em áreas que não fazem um real impacto no consumo de energia da IE. Dessa forma há um gasto desnecessário, que poderia ser melhor direcionado, ou até evitado com apenas mudanças de comportamento.

1.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, identificaram-se estudos de pesquisas para a formação da parte teórica, inclusive a explicação de alguns conceitos que são fundamentais para o entendimento do trabalho.

Para o desenvolvimento do indicador, foi determinado que seria realizada, por recomendações estatísticas, uma pesquisa em 30 instituições de ensino, porém foi alcançado o número de 25 instituições de ensino, uma vez que algumas universidades não divulgam de maneira clara seus dados, resumindo-se a tratar do consumo apenas em valor monetário, ou ainda, possuem dados antigos. Feito isso, os dados levantados foram analisados para que se consiga encontrar características semelhantes no consumo energético das instituições pesquisadas, com o auxílio de análises estatísticas para que os resultados sejam os mais reais possíveis.

Após a análise dos dados e a definição de algumas motivações sociais, econômicas e ambientais, iniciou-se a construção do Indicador de Eficiência Energética, que no futuro poderá ser analisado e avaliado por especialistas, além de ser utilizado em projetos de eficiência energética já implementados, para “comprovação” dos resultados encontrados com o indicador.

A pesquisa foi direcionada à Instituições de Ensino da região Sul do Brasil, tendo em vista a diferença dos fatores climáticos que influenciam no modo de consumo da instituição.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto por cinco capítulos. O Capítulo 1 compreende a introdução ao tema, juntamente com os objetivos que foram buscados, o problema a ser resolvido, a justificativa, a estrutura do trabalho e o procedimento metodológico que foi utilizado para o desenvolvimento do trabalho.

O Capítulo 2 é formado pela revisão de literatura, com a explicação de conceitos importantes para a sequência do trabalho.

No Capítulo 3 ocorre o desenvolvimento do trabalho e do indicador, com a apresentação de dados obtidos após pesquisas quanto ao uso e consumo energético de algumas instituições de ensino, sendo realizada uma análise dos dados coletados. Posteriormente tem-se o método para obtenção de equações que irão constituir o indicador e algumas simulações para melhor entendimento do mesmo.

O Capítulo 4 compreende a conclusão do trabalho e possíveis trabalhos que poderão ser desenvolvidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Programas de eficiência energética têm por objetivo reduzir a quantidade de eletricidade consumida (JANUZZI, 1999), dessa forma, eficiência energética pode ser definida como o conjunto de práticas e políticas, que reduz os custos com energia e/ou aumente a quantidade de energia oferecida sem alteração da geração (MARTINS, 1999).

Para que a eficiência energética seja também sustentável, seu desenvolvimento deve implementar eficiência econômica, proteger e restaurar os sistemas ecológicos e melhorar a qualidade de vida das populações (KATS, 1998). Dessa forma, o objetivo dos programas de eficiência energética deve ser contribuir para um desenvolvimento sustentável da sociedade. A sustentabilidade no setor energético se refere ao impacto na rentabilidade dos governos e das empresas.

Mills e Rosenfeld (1998), citam sete benefícios da introdução de tecnologias de eficiência energética, que não estão diretamente relacionados à energia:

- Melhoria do ambiente interno: conforto térmico, qualidade do ar, saúde e segurança, entre outras;
- Redução dos níveis de ruídos (ex. Janelas eficientes);
- Economia de trabalho e de tempo (ex. Microondas eficiente);
- Melhoria do controle do processo produtivo (ex. Motores com variação de velocidade);
- Aumento do bem-estar (ex. Reatores eletrônicos eliminam cintilação e ruídos dos sistemas de iluminação);
- Economia de água e redução do desperdício (eixos horizontais para lavadoras);
- Benefícios diretos e indiretos da diminuição do tamanho do equipamento.

2.1.1. Eficiência Energética em Universidades

Para Lamberts (1997), a eficiência energética das edificações é um dos

indicadores de desempenho do edifício e um dos requisitos quando se trata de edificações sustentáveis. Portanto, as universidades sendo edificações exemplo para a sociedade, devem possuir um desempenho elevado quando se trata de eficiência energética.

Lamberts (1997) ainda apresenta diversas vantagens da eficiência energética nas edificações, destacando:

- Reduzir o custo de operação;
- Reduzir a probabilidade de falta de energia;
- Reduzir a necessidade de investimentos do setor público em geração e transmissão;
- Reduzir os impactos sociais e os impactos no consumo de recursos naturais cada vez mais escassos.

Para as universidades todas essas vantagens apresentadas têm grande importância, pois tanto as universidades públicas quanto privadas demandam alto investimento, dependem da energia para seu funcionamento constante, têm grande preocupação com relação aos impactos ambientais e sociais. Já para o Governo, além da redução do custeio devido a redução do consumo e demanda de energia, também reduzirá investimentos em geração e transmissão de energia.

Pode-se concluir que são vários os fatores de influência quando se refere à eficiência energética dentro de uma instituição de ensino. No presente trabalho, são três os principais fatores considerados como influência: econômico e social e ambiental.

2.1.2. Fator De Influência Econômico-Social

Para as IES, a procura pela diminuição de gastos com o consumo de energia elétrica visa, além do impacto educacional e ambiental, a geração de economia de energia e retorno financeiro. (SILVA et al, 2011)

Visando facilitar o entendimento da educação no cenário de Consumo de Energia Elétrica, a Tabela 2 apresenta a participação percentual da classificação comercial Educação, expressa por Região do País.

Tabela 2: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016

Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016 ano base 2015 – EPE – MME						
Consumo Energético por Gênero (GWh)						
Brasil Comercial – EDUCAÇÃO	2012	2013	2014	2015	Δ% (2015/2014)	Part. % (2015)
Norte	82	85	90	89	-1,1	1,8
Nordeste	374	386	347	473	36,5	3,4
Sudeste	1.145	1.103	1.162	1.133	-2,4	2,3
Sul	379	308	429	413	-3,8	2,7
Centro-Oeste	177	187	199	226	13,9	3,1

Fonte: EPE, 2016

A Tabela 2 mostra o consumo por região de energia elétrica na área da educação, entre os anos de 2012 e 2015. Mostra também a relação do consumo entre os anos de 2015 e 2014, onde pode-se observar uma diminuição no consumo de energia das regiões norte, sudeste e sul. A última coluna da tabela mostra a participação de cada região no consumo de energia no ano de 2015.

Analisando participação de cada região no ano de 2015, observa-se que em primeiro lugar tem-se a região nordeste com uma participação de 3,4% em 2015, seguido da região centro-oeste (3,1%), sul (2,7%), sudeste (2,3%) e norte (1,8%). Pode-se observar, também, que apenas as regiões nordeste e centro-oeste tiveram um aumento em relação ao ano de 2014 (36,5% e 13,9%, respectivamente), enquanto os demais estados tiveram uma diminuição quando comparados ao ano de 2014.

Sendo o objeto de estudo deste trabalho as IES da região Sul, a partir da Tabela 2, percebe-se que a região Sul teve um consumo de aproximadamente 413 GWh no ano de 2015, o que representa o terceiro maior consumo por região do país, fato que ressalta a importância da aplicação de medidas de eficiência nas IES do Sul.

Porém, além da economia gerada pela implantação de um PEE, é necessário também analisar seu impacto social. De acordo com Chiavenato (2004), *“a responsabilidade social significa o grau de obrigações que uma organização assume por meio de ações que protejam e melhorem o bem-estar da sociedade à*

medida que procura atingir seus próprios interesses". É preciso analisar não somente o ganho financeiro, mas também como esse ganho financeiro pode ser revertido positivamente na sociedade.

De forma geral, as universidades apresentam diversos programas sociais, tanto para os próprios alunos, quanto para a sociedade externa a universidade. Deste modo, a influência econômico-social se daria por meio de um melhor uso financeiro da economia gerada por meio da energia evitada. Ou seja, parte da verba que antes era utilizada para o pagamento da fatura de energia, pode ser aplicado em outros programas sociais.

Outro impacto social é relacionado a geração e compartilhamento de conhecimento. Silva (2011) propõe que as tecnologias instaladas nas universidades possam ser compartilhadas com pessoas externas à universidade, inclusive os contribuintes, para que possam se beneficiar do conhecimento gerado. Assim, tanto o auxílio através de bolsas que incentivem à pesquisa quanto aplicação dos PEE teriam um grande impacto na sociedade; o primeiro referente a geração de conhecimento e o segundo referente ao compartilhamento de conhecimento.

2.1.3. Fator de Influência Ambiental

Dentre os impactos ambientais, pode-se destacar que, com a diminuição da demanda de energia elétrica, diminui-se também os problemas ambientais causados tanto pela geração de energia, quanto pela transmissão e consumo.

Goldemberg (2001), aponta os principais problemas ambientais decorrentes da geração, do armazenamento, do transporte e do uso da energia em nível local, regional e global (Tabela 3).

Tabela 3: Energia v.s. problema ambiental

Problema ambiental	Fonte de problema
Poluição urbana do ar	Energia (usinas termelétricas, indústria e transporte)
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)
Diminuição da camada de ozônio	Indústria
Aquecimento por efeito estufa/mudanças climáticas	Energia (queima de combustível fóssil)
Degradação costeira e marinha	Transporte e energia (vazamentos de petróleo, aquecimento das águas para resfriamento de usina térmica, represamento de rios para barragens, entre outros)
Desmatamento e desertificação	Energia (30 a 40% da população mundial depende da lenha para cozinhar)
Resíduos tóxicos, químicos e perigosos	Indústria e energia nuclear

Fonte: Goldemberg, 2001

Um dos principais impactos ambientais energéticos é o aquecimento global causada pelos gases do efeito estufa. A Figura 2 apresenta as principais substâncias que são emitidas de acordo com a matriz energética brasileira.

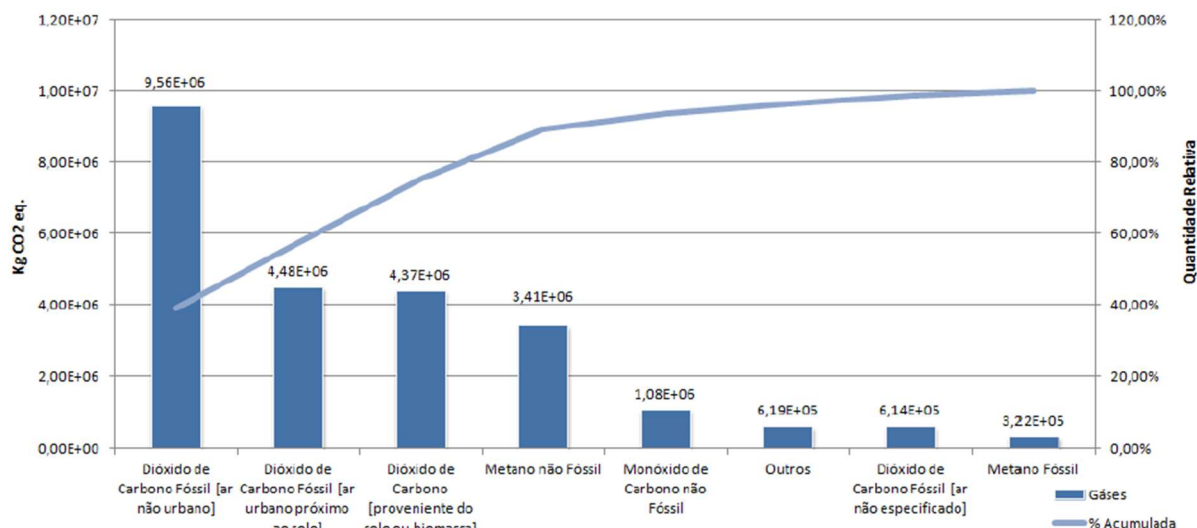


Figura 2: Impacto Relativo pelas Principais Substâncias

Fonte: Barros, 2017

A Figura 2 apresenta a relação entre a quantidade de gases relacionado ao efeito estufa emitidos para a natureza e sua respectiva quantidade relativa acumulada no cenário energético brasileiro em 2014. Analisando o gráfico é possível observar que a principal substância emitida é CO₂, sendo dividido em três vertentes: ar não urbano (39,08%), ar urbano próximo ao solo (18,32%), proveniente do solo ou biomassa (17,88%). As três ramificações do gás somam aproximadamente 75,28% de emissões do cenário energético brasileiro.

Nesse contexto os PEE podem atuar de duas formas, por meio da energia evitada e por meio da energia incentivada.

A energia evitada é a energia que se deixa de consumir, diminuindo o uso da energia, consequentemente diminuindo os impactos ambientais. A energia incentivada é a energia limpa e renovável, dentre elas estão a energia solar, eólica e biomassa, PCHs e CGHs.

O incentivo ao uso e pesquisa destes tipos de energia são de extrema importância. “De todas as opções de políticas energéticas, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a adoção da eficiência energética são, sem dúvida, os instrumentos mais afinados aos critérios do desenvolvimento sustentável” (OECD, 2000).

2.2. TOMADA DE DECISÃO NAS IES

A Tomada de Decisão consiste em um processo de escolha de uma ou mais opções, a partir de um conjunto de alternativas, tendo como auxílio algumas ferramentas e fatores que influenciarão no resultado da Tomada de Decisão.

Segundo Gomes et al (2002), uma das definições de decisão é posicionar-se em relação ao futuro. Pode ser entendido também como o processo de escolher informações, atribuir valor a estas, em seguida elencar alternativas de solução e fazer a escolha entre as alternativas.

Sobre a Tomada de Decisão na organização, Choo (2003) afirma que deve ser formal e estruturada por procedimentos e regras, onde papéis, métodos e normas devem ser especificados.

Para Shimizu (2001), o ato de decidir no âmbito das organizações *“deve ser estruturado e resolvido de modo formal, detalhado, consistente e transparente”*, ou seja, o autor evoca a necessidade da decisão a ser tomada conforme determinados procedimentos.

Para entendermos o processo de Tomada de Decisão dentro de uma Instituição de Ensino Superior no Brasil, é necessário inicialmente definir a Instituição Universidade destacando suas características, bem como sua importância nos diversos âmbitos.

Etzioni (1989) vê a Universidade como um tipo de organização altamente complexa, resultado da diversidade do sistema. Apresenta-se com uma estrutura organizacional fragmentada, com inúmeros tipos de problemas e conflitos entre seus componentes.

Ao abordar a complexidade das Universidades, Tachizawa e Andrade (2002) cita o termo *“multiversidade”*, que caracteriza uma Universidade composta de sociedade de classes, com inúmeras comunidades, possuindo objetivos diversificados e conflitantes.

Segundo Shimizu (2001) a escolha pela utilização de um modelo de decisão depende de sua finalidade, da possibilidade de tempo e custo e da complexidade do problema.

2.3. CONCEITO DE INDICADORES

De forma geral, os indicadores têm por objetivo apontar algo. De acordo com o dicionário Michaelis (2015), a palavra indicador pode ser definida como “Adj. (...) 1. Que apresenta dados sobre peso, medida, pressão. 2. Que orienta sobre qualquer providência a ser tomada. Sm (...) 1. Qualquer material impresso com informações úteis. 2. Equipamento que fornece dados sobre peso, medida e pressão.”

Os indicadores são critérios para valorar, analisar e avaliar o comportamento de variáveis (UFSC, 2008). Dizer suas características, componentes, fatores e elementos que são razão de estudo, planejando e tomando decisões a partir deles.

Pode-se dizer que os indicadores são instrumentos desenvolvidos para fornecer informações de forma clara e organizada. Para Bossel (1999) os indicadores são a nossa conexão com o mundo. Eles condensam a sua enorme complexidade numa quantidade manejável de informação significativa, para um subgrupo de observações que informam as nossas decisões e direcionam as nossas ações.

Os indicadores são amplamente utilizados em diversas áreas, podendo ter várias aplicações, por exemplo (DIREÇÃO GERAL DO AMBIENTE - DGA, 2000):

- “Atribuição de recursos: suporte de decisões, ajudando os decisores ou gestores na atribuição de fundos (...);
- Classificação de locais (...);
- Cumprimento de normas legais: aplicação a áreas específicas para clarificar e sintetizar a informação sobre o nível de cumprimento das normas ou critérios legais;
- Análise das tendências: aplicação a séries de dados para detectar tendências no tempo e no espaço;
- Informação ao público (...);
- Investigação científica: aplicações em desenvolvimentos científicos servindo nomeadamente de alerta para a necessidade de investigação científica mais aprofundada”.

Para Fernandes (2004) o indicador tem a tarefa básica de expressar, de

forma simples, uma determinada situação que se está avaliando. Dessa forma, os indicadores mostram a real situação do problema em questão. Ele auxilia a definir as prioridades e estabelecer metas, auxiliando na tomada de decisão sobre um determinado tópico de interesse.

Dentre as principais propriedades do indicador, tem-se a confiabilidade, ou seja, dados de fontes confiáveis; comunicabilidade, de fácil compreensão e comunicação; disponibilidade e periodicidade, dados de fácil coleta e atualização, permitindo a formação de históricos; desagregação, capaz de atender a necessidade de diferentes grupos, garantindo a representatividade e abrangência das informações; especificidade com sensibilidade, ser capaz de captar a maioria das variações sobre o objeto de interesse (ROCHA et al, 2010).

Dentre os usos de um indicador nas IEs, pode-se destacar o seu uso para melhor avaliar o nível de eficiência energética do estabelecimento, apontando quando se faz necessário e válido a implementação de Projetos de Eficiência Energética na edificação.

Para Schipper et al. (2001), indicadores energéticos descrevem as relações entre o uso de energia e atividade econômica de forma desagregada, representando medições do consumo de energia e permitindo identificar os fatores que o afetam. Tolmasquim et al. (1998) destacam, ainda, que os indicadores globais se prestam a avaliar a eficiência energética de um país como um todo, possibilitando a comparação com outros países e o acompanhamento da evolução da eficiência ao longo do tempo.

Patterson (1996) destaca o entendimento de “eficiência energética” como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção. Assim, mais relevante é a apuração de indicadores que expressem a variação na eficiência energética.

Esses indicadores são agrupados em quatro categorias principais, Indicador Termodinâmico, Físico-Termodinâmico, Econômico-Termodinâmico e Econômico. Para o desenvolvimento deste trabalho, o Indicador Econômico é o mais abordado. Isso se deve ao fato de que a análise de um dado monetário gera um impacto maior que qualquer outro aspecto, visando uma futura economia para os tomadores de decisão (por este motivo, o conceito dos demais indicadores se encontram no Anexo II).

2.3.1. Indicador Econômico

Para os indicadores de eficiência energética econômicos, tanto a energia de entrada como a energia de saída são expressas através de grandezas econômicas

De acordo com o estudo realizado por World Energy Council (2004), para definir e caracterizar a eficiência energética, pode-se utilizar macro indicadores que reportam a economia como um todo (macroeconomia) ou os principais setores (industrial, agrícola, etc.) ou somente os principais usos finais.

Existem também os micro indicadores, podendo ser definidos como microeconômicos, que englobam, nessa área de eficiência energética, os seguintes itens:

- Comportamento do consumidor em relação ao preço da energia e a utilização de aparelhos mais eficientes;
- Determinação dos custos marginais da energia, dos de capacidade e dos de expansão para uma estrutura desagregada (custo incremental unitário);
- As implicações das variáveis do modelo de equilíbrio geral, que determinam os preços sombras, para o consumidor final, como: preços eficientes, preços sociais e outras;
- Curvas de oferta e demanda para a energia;
- Previsão de demanda de energia.

Os indicadores microeconômicos podem também utilizar-se das ferramentas de engenharia econômica, para medir o custo efetivo de investimentos de eficiência energética, como: o retorno do investimento simples, o custo de energia economizada (CEE), a taxa interna de retorno (TIR) e o custo do ciclo de vida (CCV) ou o custo de vida anual (CCVA). Esse método pode auxiliar o consumidor e as empresas a decidirem a tecnologia a ser adquirida e o melhor investimento.

Além dessa tipologia de macro e micro indicadores, também existem: indicadores econômicos, técnico-econômico, descritivos e explanatórios.

Duas outras categorias de indicadores têm sido identificadas de acordo com os seus próprios propósitos para descrever a situação e a evolução da eficiência energética, sendo o primeiro indicador conhecido como descritivo; o segundo o explicativo ou explanatório. Tais indicadores explicam e analisam os fatores que

permeiam a situação e evolução da eficiência energética e o papel desta na evolução do consumo de energia. Tomando como referência duas noções básicas de eficiência:

- Eficiência econômica: maior produto, melhor padrão de vida com o mesmo ou menor montante de energia (e redução de emissões de CO_2);
- Eficiência técnico-econômica: redução na energia específica que se deve à melhoria técnica, mudanças no comportamento, melhor gerenciamento, etc. Esses itens podem referir-se aos indicadores econômicos e técnico-econômicos.

Os indicadores descritivos são designados para descrever e interpretar alguns aspectos da eficiência energética que não são facilmente captados pelos indicadores técnico-econômicos e econômicos quando fechados em si mesmos. Normalmente é necessária a combinação de vários indicadores descritivos, para interpretar a tendência na intensidade energética, relatando o consumo energético em valor monetário (PIB, valor adicionado) e unidade consumida ou consumo específico relatando o consumo energético para um valor físico (número de carros, produção de aço, cimento, empregos).

O indicador explanatório ou explicativo é utilizado primeiramente para explicar a razão para a variação na descrição dos indicadores, como por exemplo, o progresso ou deterioração da eficiência energética para um dado país ou de um setor industrial. Em particular, um dos objetivos perseguidos naquela circunstância é identificar o papel respectivo da mudança na tecnologia, das mudanças estruturais e comportamentais, etc. Em segundo lugar, esses indicadores poderão ser utilizados para explicar as diferenças entre países (por exemplo, parâmetros climáticos; tamanho de residências, etc).

2.4. CONSTRUÇÃO DO INDICADOR

De acordo com o Guia Referencial para Medição de Desempenho e Manual para Construção de Indicadores (2009), existem 6 etapas para construção de um indicador (Figura 3)

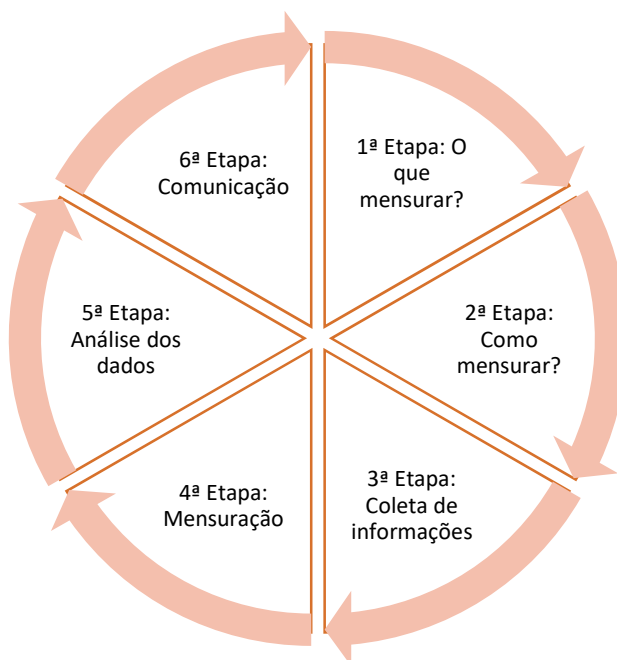


Figura 3: Etapas para a Construção de Indicadores - Adaptado.

Fonte: Guia Referencial para Medição de Desempenho e Manual para Construção de Indicadores, 2009

A Figura 3 apresenta 6 etapas para a construção de um indicador de desempenho.

A primeira etapa se refere ao objeto de mensuração. Para isto, é definido o nível, a dimensão e a subdimensão do objeto.

O nível se refere ao nível da Administração Pública ao qual se irá aplicar o indicador. Os níveis são estabelecidos a fim de se tratar das especificidades de cada contexto de aplicação. São propostos o nível macro (Governo), meso (política pública ou setor de governo), meso-micro (redes de organizações), micro (organização) e nano (unidade de organização).

A dimensão e subdimensão se referem as medidas possíveis e cabíveis de serem extraídas a partir do objeto de mensuração.

A Tabela matriz com a relação entre dimensão, nível e subdimensão se encontra no Anexo 1, nela tem-se a relação dos critérios para a definição de cada uma dessas características.

A segunda etapa é definir como o objeto em questão será medido. De acordo com Rocha et al (2010), é necessário cuidar para que o indicador não seja grande demais atrapalhando ou confundindo o entendimento, nem tão reduzido, a ponto de não possibilitar uma visão sistêmica e a tomada de decisão.

A fórmula é a expressão numérica que representa o estado futuro de

desempenho desejado. É importante que a fórmula seja clara, autoexplicativa e de fácil interpretação. Para a formulação do indicador será utilizado o método da Regressão Linear (este método será explicado posteriormente).

O terceiro passo é a referente à coleta de dados. É nessa etapa que se define a sistemática da coleta de informação utilizada para alimentação do indicador. É importante ressaltar que obtenção de dados confiáveis é o que dá credibilidade ao indicador. Barbosa (1998) fornece uma Tabela (Tabela 4) com a comparação entre as formas de coletas de dados.

Tabela 4: Quadro Comparativo entre Técnicas de Coleta de Dados

Técnica de Coleta	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Questionário	-Garante o anonimato	-Baixa taxa de respostas para questionários enviados pelo correio
	-Questões objetivas de fácil pontuação	-Inviabilidade de comprovar respostas ou esclarecê-las
	-Questões padronizadas garantem uniformidade	-Difícil pontuar questões abertas
	-Deixa em aberto o tempo para as pessoas pensarem sobre as respostas	-Dá margem a respostas influenciadas pelo "desejo social"
	-Facilidade de conversão dos dados para arquivos de computador	-Restrito a pessoas aptas à leitura
	-Custo razoável	-Pode ter itens polarizados/ambíguos
Entrevista	-Flexibilidade na aplicação	-Custo elevado
	-Facilidade de adaptação de protocolo	-Consome tempo na aplicação
	-Viabiliza a comprovação e esclarecimento de respostas	-Sujeita à polarização do entrevistador
	-Taxa de respostas elevadas	-Não garante anonimato
	-Pode ser aplicada a pessoas não aptas à leitura	-Sensível aos efeitos no entrevistado
		-Características do entrevistador e do entrevistado
		-Requer treinamento especializado
		-Questões que direcionam a resposta

Fonte: Barbosa, 1998

Tabela 4 continuação: Quadro Comparativo entre Técnicas de Coleta de Dados

Técnica de Coleta	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Observação Direta	-Capaz de captar o comportamento natural das pessoas	-Polarizada pelo observador
	-Minimiza influência do "desejo de nivelamento social"	Requer treinamento especializado
	-Nível de intromissão relativamente baixo	-Efeitos do observador nas pessoas
	-Confiável observação com baixo nível de inferência	-Pouco confiável para observações com inferências complexas
		-Não garante anonimato
		-Observações de interpretação difícil
		-Não comprova/esclarece o observado
		-Número restrito de variáveis
Registros Institucionais (Análise Documental)	-Baixo custo	-Dados incompletos ou desatualizados
	-Tempo de obtenção é reduzido	-Excessivamente agregados
	-Informação é estável	-Mudanças de padrões no tempo
		-Uso restrito (confidencialidade)
		-Dados difíceis de recuperar
Grupo Focal	-Baixo custo e resposta rápida	-Exige facilitador/moderador com experiência para conduzir o grupo
	-Flexibilidade na aplicação	-Não garante total anonimato
	-Eficiência para obter informações qualitativas a curto prazo	-Depende da seleção criteriosa dos participantes
	-Eficiente para esclarecer questões complexas no desenvolvimento de projetos	-Informações obtidas não podem ser generalizadas
	Adequado para medir o grau de satisfação das pessoas	

Fonte: Barbosa, 1998

A Tabela 4 mostra os diversos métodos de coleta de dados, bem como os prós e contras para cada método. Dentre as técnicas tem-se o questionário - grupo de perguntas pré-determinadas que devem ser entregues para as pessoas responderem individualmente; entrevista – conversa onde o entrevistador interpretará a resposta do entrevistado; observação direta – anotações referentes às observações do avaliador; registros institucionais – análise de documentos compostos de registros; e grupo focal – grupo de discussão informal.

A quarta etapa é a mensuração do indicador, ou seja, o desenvolvimento efetivo do indicador e sua aplicação.

A quinta etapa é a análise e interpretação dos dados obtidos pelo indicador. Nessa etapa ocorre a avaliação do indicador, observando se há correlação entre os dados reais e os dados apresentados pelo indicador.

O sexto passo é a comunicação do desempenho da instituição de acordo com o indicador para todos os níveis da organização. É importante destacar que este último passo não será executado no desenvolvimento deste trabalho.

2.5. REGRESSÃO LINEAR

Para a construção da fórmula será utilizada a metodologia da Regressão Linear. Essa metodologia constitui-se em uma técnica de métodos quantitativos que tem por objetivo descrever a relação entre variáveis, a partir de n observações.

De acordo com Sell (2015), um dos principais problemas atuais nas empresas é que os relatórios gerenciais não dão condições para comparar os custos corridos com o custo ocorrido e o que deveria ocorrer e qual a relação entre os componentes dos custos. Dessa maneira, a Regressão Linear entra como uma solução, pois ela compreende a análise dos dados com o intuito de identificar se as variáveis estão relacionadas entre si.

Para a análise desse trabalho será utilizada a Regressão Linear Múltipla (RLM). Essa técnica conta a presença de duas ou mais variáveis independentes. Um maior número de variáveis independentes faz com que haja uma melhor capacidade de predição. Desse modo, quando se deseja saber os efeitos que as variáveis independentes causam na variável dependente, a RLM se torna a técnica mais adequada.

De modo geral, a RLM segue a seguinte equação (FILHO, 2002):

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad (1)$$

Onde y é a variável dependente, a é o intercepto- y , b são os coeficientes angulares, x as variáveis independentes e k o número de variáveis independentes. O resultado dessa equação, considerando duas variáveis independentes, será um hiperplano, onde os dados se apresentam dispersos em torno do plano.

Para estabelecer os valores de a e b , utiliza-se as seguintes equações:

$$a = y - b_1 x_{1x_1 \rightarrow 0} - b_2 x_{2x_2 \rightarrow 0} - \dots - b_k x_{kx_k \rightarrow 0} \quad (2)$$

$$b_1 = \frac{(\sum x_1^* y^*)(\sum x_2^{*2}) - (\sum x_2^* y^*)(\sum x_1^* x_2^*)}{(\sum x_1^{*2})(\sum x_2^{*2}) - (\sum x_1^* x_2^*)^2} \quad (3)$$

$$b_2 = \frac{(\sum x_2^* y^*)(\sum x_1^{*2}) - (\sum x_1^* y^*)(\sum x_1^* x_2^*)}{(\sum x_1^{*2})(\sum x_2^{*2}) - (\sum x_1^* x_2^*)^2} \quad (4)$$

Sendo que,

$$x_1^* = (x_1 - \bar{x}_1) \quad (5)$$

$$x_2^* = (x_2 - \bar{x}_2) \quad (6)$$

$$y^* = (y - \bar{y}) \quad (7)$$

As restrições para a utilização da RLM são (FILHO, 2002):

- **Inferências sobre o Coeficiente Ângular do Plano de Regressão**

Essa restrição tem por objetivo a verificação das situações onde as variáveis são relacionadas ou não, ou seja, testar se os parâmetros não são nulos.

Para:

$B_i = 0$: Hipótese nula, deve-se rejeitar a regressão

$B_i \neq 0$: Hipótese alternativa, aceita-se a regressão.

É importante que a verificação seja realizada individualmente para cada coeficiente.

- **Coeficiente de Correlação**

Pode-se dizer que significa co-relacionamento. Avalia o grau de relação entre as variáveis independentes e a dependente. É medido através da disposição dos pontos referentes as variáveis independentes e dependentes.

- **Coeficiente de Determinação**

Simbolizado por r^2 , mensura a relação entre a variável dependente e as independentes.

Sendo que:

$r^2 = 1$: as variações de y são 100% explicadas pelas variações de x .

Ou seja, não há desvios em torno da função estimada.

$r^2 = 0$: as variações de y são exclusivamente aleatórias. Ou seja, as variáveis x não possuem informação sobre a variação de y .

- **Coefficiente de Determinação Ajustado**

Simbolizado por $\bar{r}^2$, expressa o coeficiente de determinação em termos de variância, levando em conta o número de variáveis e o tamanho da amostra. Ele expressa o número de graus de liberdade. Sendo que, a cada nova variável, perde-se um grau de liberdade.

Pode-se dizer que esse coeficiente serve como uma medida de compensação para cada nova variável adicionada que não tenha grande influência na variável dependente. Quanto menor a representatividade da variável, menor o coeficiente ajustado.

Quando o coeficiente for muito pequeno, indica que a variável não tem relação com as demais variáveis, devendo ser excluída.

- **Multicolinearidade**

A multicolinearidade, segundo Matos (2000), é a correlação entre duas variáveis independentes, incluídas na equação de um modelo. Quando há a existência dessa correlação, a eficiência dos parâmetros é afetada, gerando o aumento da variância da estimativa e o aumento do erro padrão.

2.6. CONSIDERAÇÕES DO REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista o objetivo do presente trabalho, que é elaborar um Indicador de Eficiência Energética que auxilie na tomada de decisão, e o referencial teórico apresentado anteriormente, pode-se concluir que, na tomada de decisão referente à Projetos de Eficiência Energética, não se deve levar em consideração apenas o valor monetário envolvido no processo.

O intuito do indicador que será elaborado posteriormente, é indicar quando é viável investir em Projetos de Eficiência Energético e, também, o benefício que projeto trará para a universidade e sociedade.

Sabendo da importância da Universidade na sociedade como geradora e disseminadora de novos conhecimentos, deve-se, portanto, considerar os impactos sociais e ambientais provenientes dela na sociedade com a mesma importância dos impactos econômicos.

É importante ressaltar que os PEE não trazem apenas uma redução de custo, mas também benefícios sociais e ambientais que são sentidos por diversas partes interessadas.

3. DESENVOLVIMENTO DO INDICADOR

Como foi apresentado no item 2.4, para auxiliar na construção do indicador, foram utilizados cinco etapas, sendo elas: o que mensurar, como mensurar, coleta de informações, mensuração e análise dos dados.

3.1. O QUE MENSURAR

Para definir o objeto de mensuração é necessário primeiro definir para qual nível da administração pública se deseja modelar o indicador. Como o trabalho proposto analisa as IES individualmente, ou seja, uma unidade de organização, o nível a ser mensurado é o nano.

Uma vez definido o nível de mensuração é preciso definir o objeto de mensuração. O objeto de mensuração pode ser definido como a eficiência do uso dos recursos energéticos. Desse modo a dimensão é a eficiência e a subdimensão é custo-efetividade, ou seja, a relação entre o gasto energético real e o ideal das universidades para que cumpram com o seu papel na sociedade.

3.2. COMO MENSURAR

A mensuração da eficiência energética das IES é dada mediante a formulação de um indicador que relacione as variáveis consumo de energia elétrica, número de alunos e área construída. Para tal desenvolvimento, aplicou-se o método de Regressão Linear Múltipla, onde a variável dependente seria o consumo de energia elétrica e as variáveis independentes seriam o número de alunos matriculados e a área construída de cada instituição.

A regressão foi desenvolvida no Software IBM SPSS Statistics 23 Base, um software estatístico empregado para auxiliar na tomada de decisão devido a facilidade de sua utilização para aplicações analíticas e estatísticas.

3.3. COLETA DE INFORMAÇÕES

Por se tratar de dados institucionais, a coleta de dados para alimentação do

indicador se dará pela análise documental dos registros institucionais das IES.

Por uma maior facilidade de obtenção dos dados será analisado apenas as instituições públicas, pois estas devem elaborar um documento relacionado a prestação de contas anuais, de acordo com o Art. 70 da Constituição Federal:

Parágrafo único: “Prestará contas qualquer pessoa física ou jurídica, pública ou privada, que utilize, arrecade, guarde, gerencie ou administre dinheiros, bens e valores públicos ou pelos quais a União responda, ou que, em nome desta, assuma obrigações de natureza pecuniária.”

Deste modo, todas IEs públicas tem a obrigação de elaborar um documento relacionado a prestação de contas anuais.

Para auxiliar os órgãos e entidades de Administração Pública Federal, o Tribunal de Contas da União (TCU) possui o sistema e-Contas (TCU, 2015). Dentre os objetivos desse sistema, tem-se:

- Melhor a gestão do fluxo de contas;
- Estruturar as informações relevantes das contas;
- Promover maior transparência dos resultados.

De modo geral, o documento para a prestação de contas é o Relatório de Gestão. Ele apresenta as ações executadas e as medidas tomadas, mostrando como os resultados obtidos no ano impactam nos objetivos e metas PDI (Plano de Desenvolvimento Institucional) da instituição.

No contexto das IEs, o Relatório de Gestão expõe o desenvolvimento de projetos e os resultados alcançados pela Instituição. É importante salientar que os dados apresentados no relatório são resultados das atuações técnicas e acadêmicas da universidade, como, por exemplo, Projetos de Eficiência Energética.

Dentre as informações que compõem o documento de prestação de contas, estão (Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016):

- Identificação;
- Apresentação dos demonstrativos;
- Visão Geral da Universidade;
- Planejamento Organizacional e Resultados;
- Governança, Gestão de Riscos e Controles Internos;
- Áreas Especiais da Gestão;

- Relacionamento com a Sociedade;
- Desempenho Financeiro e Informações Contábeis;
- Conformidade da Gestão e Demanda de Órgãos de Controle;
- Outras Informações Relevantes.

É importante salientar que não há uma padronização dos documentos. Por esse motivo, não são todos os relatórios que apresentam os dados no formato apresentado acima. Devido a isso, o levantamento de dados se torna difícil, visto que nem todos os relatórios das IEs apresentam os dados necessários para a elaboração do nosso trabalho, sendo esses dados o número de alunos, área total construída e o demonstrativo do consumo de energia elétrica.

Os Relatórios de Gestão se encontram disponíveis no site de cada Universidade Federal. Por simplicidade e facilidade para obtenção das informações, a análise conterá apenas os dados das Universidades Federais, que, como foi dito anteriormente, são obrigadas a realizar o Relatório de Gestão e disponibilizá-lo para o público.

3.3.1. Análise dos dados

Através da análise dos Relatórios de Gestão, foram obtidos os dados referentes ao consumo de energia elétrica total para o ano de 2016, número de alunos e área construída de 25 IEs. Os dados obtidos, bem como a relação das IEs se encontram na Tabela 5.

Tabela 5: Base de Dados

UNIVERSIDADE	CAMPUS	CONSUMO ANUAL - 2016 (kW.h)	ALUNOS GRADUAÇÃO	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)
UNILA	GERAL	955.675	3.056	23.547
UFCSPA	GERAL	1.845.088	2.277	27.416
UFSC	ARARANGUÁ	76.334	1.171	6.991
	BLUMENAU	210.689	786	3.343
	CURITIBANOS	439.655	963	6.334
	FLORIANÓPOLIS	17.014.266	23.759	393.828
	JOINVILLE	393.235	1.659	10.455
UFPR	CURITIBA	15.152.271	23.306	416.631
	JANDAIA DO SUL	5.840	384	2.929
	LITORAL	849.151	1.611	20.043
	PALOTINA	1.255.641	1.165	18.364
FURG	GERAL	8.087.239	9.331	206.304
UTFPR	APUCARANA	330.142	765	38.612
	CAMPO MOURÃO	645.367	1.694	16.375
	CONÉLIO PROCÓPIO	609.484	2.211	10.075
	CURITIBA	3.432.561	6.943	23.579
	DOIS VIZINHOS	768.559	1.560	178.920
	FRANCISCO BELTRÃO	396.050	698	83.332
	GUARAPUAVA	278.189	561	7.549
	LONDRINA	506.207	1.519	9.810
	MEDIANEIRA	811.392	1.548	78.228
	PATO BRANCO	1.186.152	2.797	24.155
	PONTA GROSSA	628.959	2.177	81.485
	SANTA HELENA	141.932	224	4.830
	TOLEDO	413.894	1.144	14.718

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

A Tabela 5 mostra os dados de consumo de energia elétrica, número de alunos e área de 25 Universidades Públicas da região Sul do Brasil, separadas por campus. Os dados são de Universidades Federais pela maior facilidade do levantamento de dados. As Universidades que apresentam “Campus Geral” não apresentam os dados separados por campus ou possuem apenas um campus.

Para uma melhor compreensão dos dados foram feitas algumas análises e comparações para que se possa encontrar alguns pontos em que o valor encontrado não segue o mesmo padrão das demais instituições analisadas, e a partir destas comparações destacar esses pontos.

A primeira variável a ser destacada foi o consumo, sendo analisada as cinco maiores instituições em consumo de energia elétrica, conforme indicado na Figura 5.

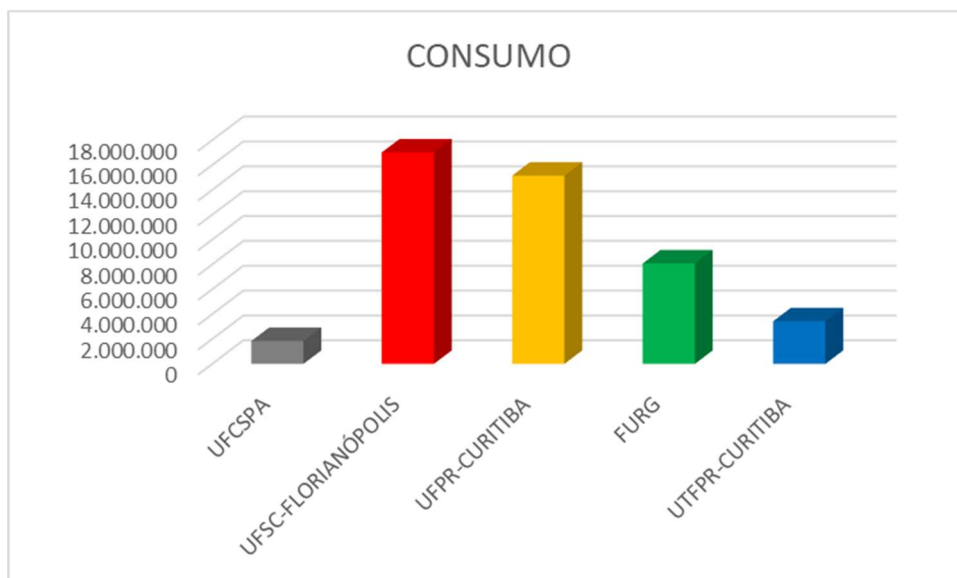


Figura 4: Maiores Consumos

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

A Figura 5 aponta as cinco maiores IE em relação ao consumo de energia elétrica, é possível destacar a diferença entre o consumo da UFSC-Florianópolis e UFPR-Curitiba que é muito superior às demais instituições pesquisadas, isso ocorre, principalmente, devido à grande quantidade de alunos que essas instituições comportam, como é possível destacar na Figura 6, que fornece as cinco universidades com a maior quantidade de alunos matriculados.

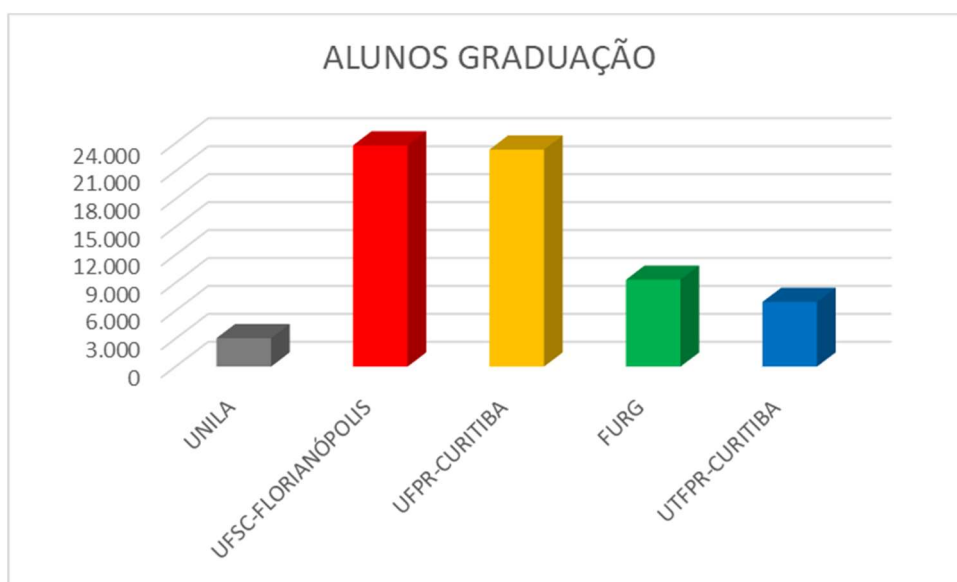


Figura 5: Maior Número de Alunos

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

Nesse gráfico, pode-se observar a quantidade superior de alunos que as instituições UFSC-Florianópolis e UFPR-Curitiba possuem, quando comparadas com as outras universidades. Outro ponto fornecido pela comparação entre as Figuras 5 e 6 é que quatro universidades com os maiores consumos de energia elétrica, também possuem as maiores quantidades de alunos.

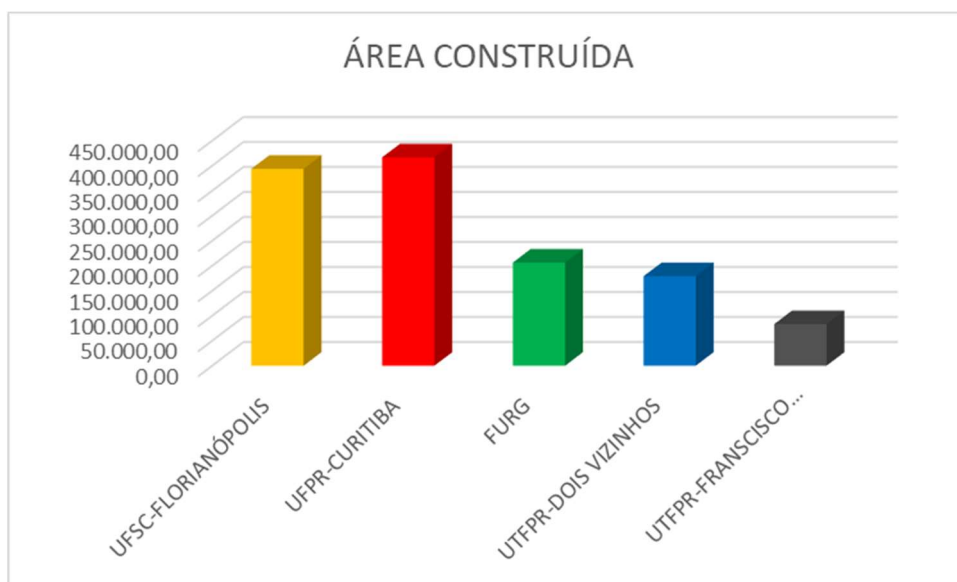


Figura 6: Maiores Áreas Construídas

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

A Figura 7 mostra as cinco maiores instituições em relação a sua área construída, que compreende a área total coberta de uma edificação. Assim como nos gráficos anteriores as instituições UFSC-Florianópolis e UFPR-Curitiba possuem uma área superior quando comparadas com as demais. Nesse gráfico aparecem as instituições UTFPR-DOIS VIZINHOS e UTFPR-FRANCISCO BELTRÃO como duas das cinco maiores instituições em área construída, o que não era esperado, pois tais instituições não possuem uma grande quantidade de alunos que necessite de uma área construída tão grande.

Foram feitas as comparações para destacar a correlação que as informações possuem, uma vez que para uma maior quantidade de alunos matriculados, é necessário um número maior de salas de aula, de laboratórios, de edificações que consigam comportar a demanda de estudantes. Havendo esse número alto de alunos e uma quantidade de área construída, tem-se um maior consumo de energia elétrica.

3.3.2. Relação entre as variáveis

Após a apresentação dos dados, foi realizada uma série de análises baseadas na relação entre as variáveis consumo de energia elétrica, alunos matriculados e área construída, para que seja encontrado as instituições com características diferentes das demais.

A Tabela 6 fornece as relações entre as variáveis, acompanhado do nome da IE e um número criado para facilitar a identificação da mesma nas Figuras que serão mostradas a seguir.

Tabela 6: Relações entre as Variáveis

UNIVERSIDADE	CAMPUS	NÚMERO	CONSUMO (kW.h) / ALUNOS GRADUAÇÃO	CONSUMO (kW.h) / ÁREA CONSTRUÍDA (m²)	ALUNOS MATRICULADOS / ÁREA CONSTRUÍDA (m²)
UNILA	UNILA	1	312,72	40,59	0,13
UFCSPA	UFCSPA	2	810,32	67,30	0,08
UFSC	UFSC-ARARANGUÁ	3	65,19	10,92	0,17
	UFSC-BLUMENAU	4	268,05	63,02	0,24
	UFSC-CURITIBANOS	5	456,55	69,41	0,15
	UFSC-FLORIANÓPOLIS	6	716,12	43,20	0,06
	UFSC-JOINVILLE	7	237,03	37,61	0,16
UFPR	UFPR-CURITIBA	8	650,14	36,37	0,06
	UFPR-JANDAIA DO SUL	9	15,21	1,99	0,13
	UFPR-LITORAL	10	527,10	42,37	0,08
	UFPR-PALOTINA	11	1.077,80	68,38	0,06
FURG	FURG	12	866,71	39,20	0,05
UTFPR	UTFPR-APUCARANA	13	431,56	8,55	0,02
	UTFPR-CAMPO MOURÃO	14	380,97	39,41	0,10
	UTFPR-CONÉLIO PROCÓPIO	15	275,66	60,49	0,22
	UTFPR-CURITIBA	16	494,39	145,58	0,29
	UTFPR-DOIS VIZINHOS	17	492,67	4,30	0,01
	UTFPR-FRANCISCO BELTRÃO	18	567,41	4,75	0,01
	UTFPR-GUARAPUAVA	19	495,88	36,85	0,07
	UTFPR-LONDRINA	20	333,25	51,60	0,15
	UTFPR-MEDIANEIRA	21	524,16	10,37	0,02
	UTFPR-PATO BRANCO	22	424,08	49,11	0,12
	UTFPR-PONTA GROSSA	23	288,91	7,72	0,03
	UTFPR-SANTA HELENA	24	633,63	29,39	0,05
	UTFPR-TOLEDO	25	361,80	28,12	0,08

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

A partir da apresentação dos dados indicados na Tabela 6, foram elaborados gráficos para facilitar o apontamento das instituições que têm características diferentes das demais. Em todos os gráficos o eixo Y representa a relação que está sendo estudada e o Eixo X o número da universidade conforme a Tabela 6. A Figura 8 fornece a relação entre as variáveis consumo de energia em razão do número de alunos matriculados.

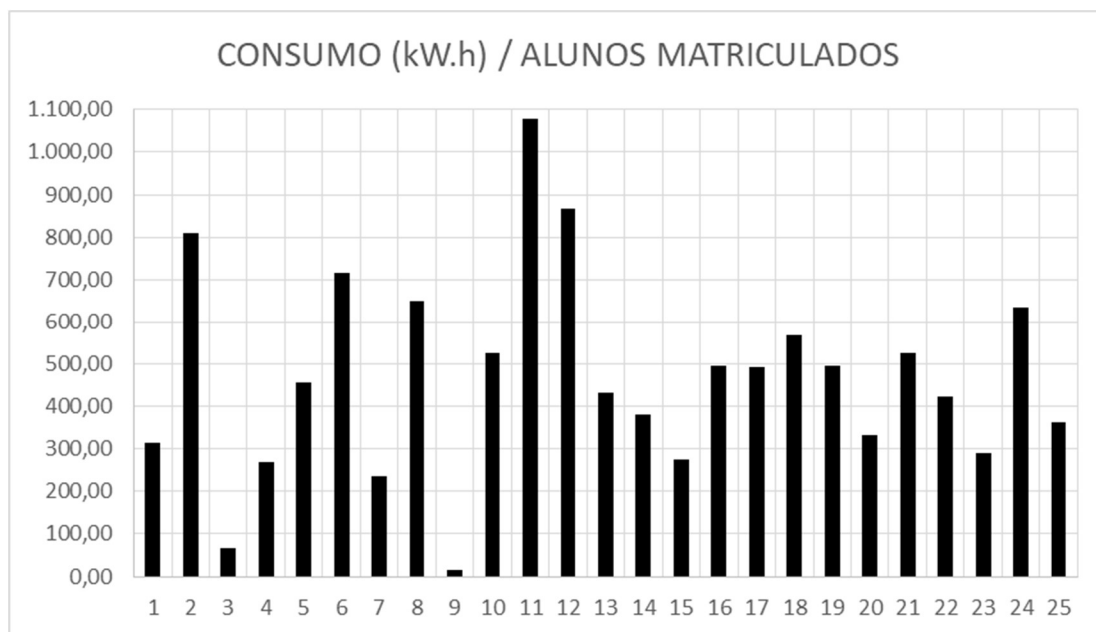


Figura 7: Relação entre Consumo e Número de Alunos por Universidade

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

O gráfico da Figura 8 aponta que as IE UFSC-Araranguá (3) e UFPR-Jandaia do Sul (9) apresentam uma relação muito baixa em comparação com as outras instituições estudadas, ou seja, possuem um consumo de energia elétrica muito baixo quando comparado ao número de alunos matriculados. As IE UFPR-Palotina (11), FURG (12) e UFCSPA (2) possuem uma razão muito elevada, dessa forma seu consumo de energia por aluno matriculado é muito alta.

A próxima relação analisada foi a razão entre as variáveis consumo de energia e área construída, conforme demonstrado na Figura 9.

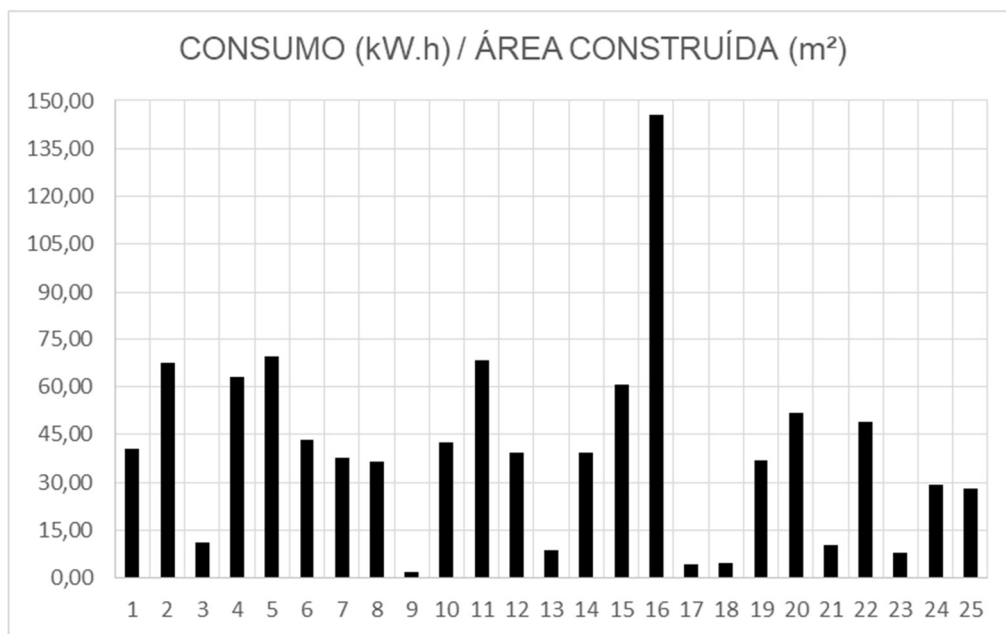


Figura 8: Relação entre Consumo e Área Construída por Universidade

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

É possível perceber no gráfico da Figura 9 que mais uma vez as IE UFSC-Araranguá (3) e UFPR-Jandaia do Sul (9) apresentam uma relação muito baixa entre as variáveis consumo de energia em razão da área construída, levando-se em conta que o mesmo ocorreu na relação anterior, tais instituições possuem um consumo de energia elétrica muito baixo. As IE UTFPR-Apucarana (13), UTFPR-Dois Vizinhos (17), UTFPR-Francisco Beltrão (18), UTFPR-Medianeira (21) e UTFPR-Ponta Grossa (23) também apresentam uma razão muito baixa, porém isso ocorre devido ao fato dessas instituições de ensino possuírem uma área construída mais alta quando analisado o consumo de energia elétrica. A IE UTFPR-Curitiba (16) apresentou uma razão entre as variáveis muito elevada por apresentar uma área construída muito baixa em relação ao seu consumo de energia.

A Figura 10 destaca a relação da variável alunos matriculados em razão da área construída de cada instituição, chegando no gráfico representado a seguir.

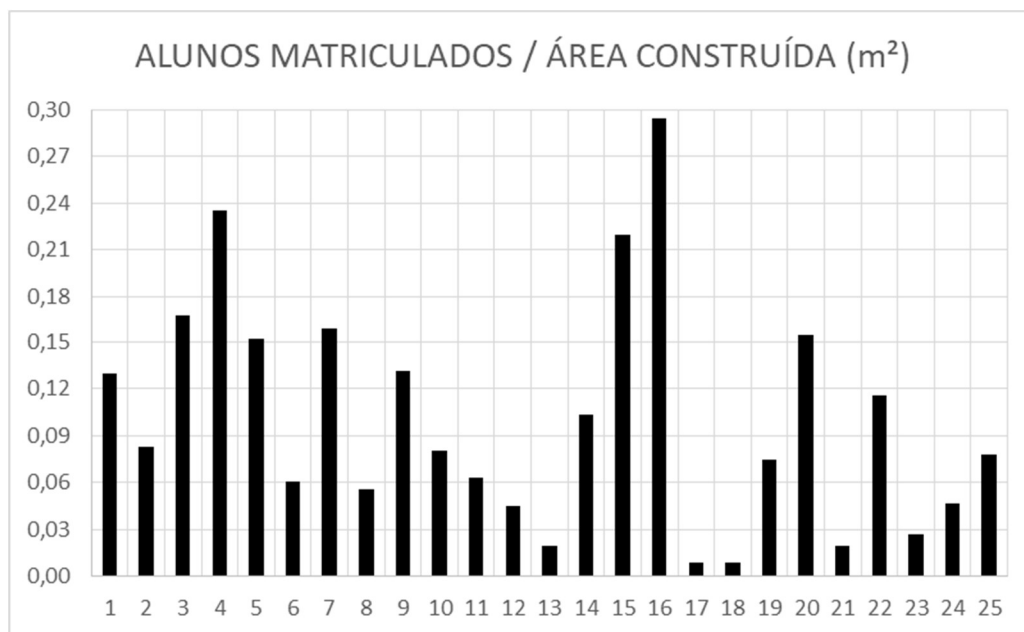


Figura 9: Relação entre Número de Alunos e Área Construída por Universidade

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

Mediante a análise da Figura 10, é possível observar que as IE UTFPR-Apucarana (13), UTFPR-Dois Vizinhos (17), UTFPR-Francisco Beltrão (18), UTFPR-Medianeira (21) e UTFPR-Ponta Grossa (23), mais uma vez possuem a razão entre as variáveis muito baixa pois possuem uma área construída maior do que o padrão seguido pelas demais instituições. As IE UFSC-Blumenau (4), UTFPR-Cornélio Procopio (15) e UTFPR-Curitiba (16) apresentam uma razão muito elevada, isso ocorre, pois, a UFSC-Blumenau (4) apresenta um número pequeno de alunos matriculados levando-se em conta sua área construída, para as IE UTFPR-Cornélio Procopio (15) e UTFPR-Curitiba (16), essa razão mais elevada ocorreu devido ao fato dessas instituições possuírem uma área construída pequena quando comparada com as outras universidades estudadas.

3.4. MENSURAÇÃO

Os dados recolhidos das 25 instituições estudadas foram implementados no software para o desenvolvimento da regressão, conforme indicado na Figura 11.

	UNIVERSIDA...	CAMPUS	CONSUMO	ALUNOS	ÁREA
1	UNILA	GERAL	955675,00	3056,00	23547,00
2	UFCSPA	GERAL	1845088,00	2277,00	27416,00
3	UFSC	ARARANGUÁ	76334,00	1171,00	6991,00
4	UFSC	BLUMENAU	210689,00	786,00	3343,00
5	UFSC	CURITIBANOS	439655,00	963,00	6334,00
6	UFSC	FLORIANÓPOLIS	17014266,00	23759,00	393828,00
7	UFSC	JOINVILLE	393235,00	1659,00	10455,00
8	UFPR	CURITIBA	15152271,00	23306,00	416631,00
9	UFPR	JANDAIA DO SUL	5840,25	384,00	2929,00
10	UFPR	LITORAL	849151,00	1611,00	20043,00
11	UFPR	PALOTINA	1255641,00	1165,00	18364,00
12	FURG	GERAL	8087239,00	9331,00	206304,00
13	UTFPR	APUCARANA	330142,00	765,00	38612,00
14	UTFPR	CAMPO MOURÃO	645367,00	1694,00	16375,00
15	UTFPR	CORNÉLIO PROCÓPIO	609484,00	2211,00	10075,00
16	UTFPR	CURITIBA	3432561,00	6943,00	23579,00
17	UTFPR	DOIS VIZINHOS	768559,00	1560,00	178920,00
18	UTFPR	FRANCISCO BELTRÃO	396050,00	698,00	83332,00
19	UTFPR	GUARAPUAVA	278189,00	561,00	7549,00
20	UTFPR	LONDRINA	506207,00	1519,00	9810,00
21	UTFPR	MEDIANEIRA	811392,00	1548,00	78228,00
22	UTFPR	PATO BRANCO	1186152,00	2797,00	24155,00
23	UTFPR	PONTA GROSSA	628959,00	2177,00	81485,00
24	UTFPR	SANTA HELENA	141932,00	224,00	4830,00
25	UTFPR	TOLEDO	413894,00	1144,00	14718,00

Figura 10: Dados no Software

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

Após a implementação dos valores de consumo de energia, número de alunos e área construída, realizou-se o método de regressão linear. Inicialmente, no software, foi selecionado a opção “Analisar”, em seguida a seleção da “Regressão” e por fim a caracterização da regressão, escolhendo o tipo “Linear”, como é demonstrado na Figura 12.

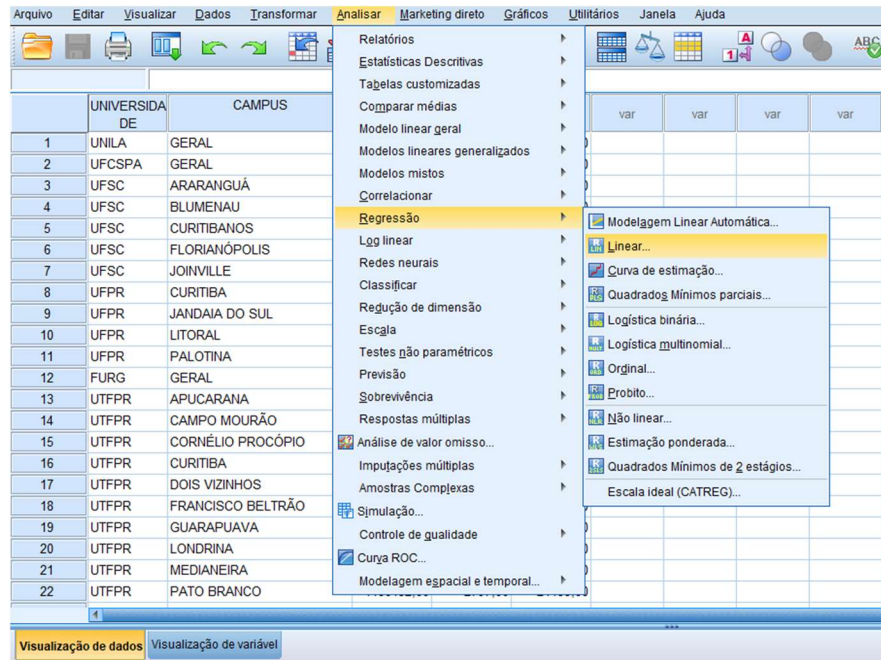


Figura 11: Janela do Software

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

Depois da seleção “Linear” apareceu uma janela para especificação das variáveis da regressão, sendo definida a variável consumo como dependente e as variáveis alunos e área como independentes, sendo isso indicado na Figura 13.

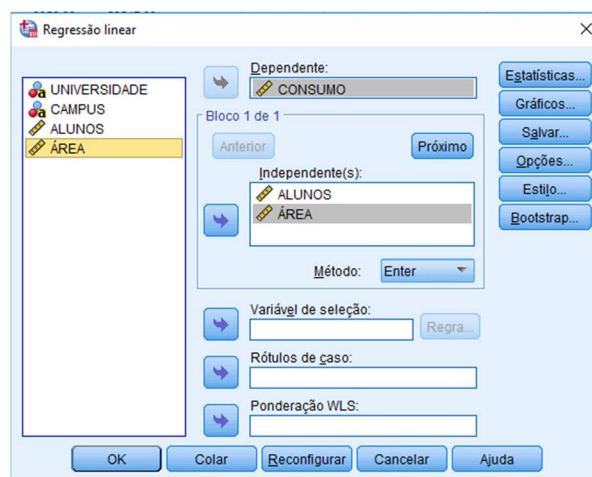


Figura 12: Janela de Especificações do Software

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

Assim que os passos indicados são executados, o software cria um relatório com algumas informações referentes à regressão linear realizada.

A Tabela 7 foi obtida do relatório produzido pelo software, onde são destacadas as variáveis independentes (alunos e área) e a variável dependente (consumo), já determinadas anteriormente.

Tabela 7: Relatório do Software

Variáveis Inseridas/Removidas^a

Modelo	Variáveis inseridas	Variáveis removidas	Método
1	ÁREA, ALUNOS ^b	.	Inserir

a. Variável Dependente: CONSUMO

b. Todas as variáveis solicitadas inseridas.

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

Outra informação importante obtida no relatório é o grau de relação entre as variáveis dependente e independentes, sendo demonstrado a partir dos valores dos coeficientes de correlação e determinação.

Tabela 8: Grau de Relação entre as Variáveis

Sumarização do modelo

Modelo	R	R quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão da estimativa
1	,992 ^a	,983	,982	603849,0884

a. Preditores: (Constante), ÁREA, ALUNOS

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

Conforme observado na Tabela 8, o valor do coeficiente de correlação é indicado pelo valor de R de 0,992, enquanto o valor do coeficiente de determinação é obtido através do valor R ao quadrado, que no caso foi de 0,983. O valor dos coeficientes mencionado, devido à proximidade com o valor 1,0 garantem que não há muitos desvios na regressão, uma vez que a variável dependente está explicada em 99,2% e 98,3% nas variáveis independentes. Outros valores expressos na Tabela 8 são o R ao quadrado ajustado e o erro padrão da estimativa, cujo valor elevado pode ser justificado pela falta de padronização entre as IES analisadas.

A Tabela 9 fornece os resultados obtidos a partir da análise ANOVA, capaz de demonstrar a variação dos dados a partir dos valores das somas dos quadrados, bem como a média dos quadrados.

Tabela 9: Análise ANOVA

ANOVA ^a						
Modelo		Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
1	Regressão	4,725E+14	2	2,362E+14	647,901	,000 ^b
	Resíduo	8,022E+12	22	3,646E+11		
	Total	4,805E+14	24			

a. Variável Dependente: CONSUMO

b. Preditores: (Constante), ÁREA, ALUNOS

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

O valor de F indicado na Tabela 9, é obtido na Tabela de distribuição F de Fisher- Snedecor com a utilização dos valores do grau de liberdade. Tal informação será importante para determinar a rejeição ou não da regressão, no caso $F=647,901$ e o valor do F de significância é 0,000, dessa forma a regressão é aceita, pois a F de significância é menor que o F determinado.

A última Tabela fornecida no relatório do software apresenta os parâmetros da equação obtida com a realização da regressão linear.

Tabela 10: Relatório dos Coeficientes

Coeficientes ^a					
Modelo	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.
	B	Erro Padrão	Beta		
1	b0 - (Constante)	-402496,292	142189,165	-2,831	,010
	b1 - ALUNOS	623,381	49,909	,876	,000
	b2 - ÁREA	4,877	2,753	,124	,090

a. Variável Dependente: CONSUMO

Fonte: Software IBM SPSS Statistics 23 Base, 2018

A partir da Tabela da 10 tem-se que a constante da equação é -402496,292 com um erro de 142189,165, enquanto que o coeficiente relacionado ao número de alunos matriculados é 623,381 e o coeficiente relacionado à área construída é 4,877.

A partir da equação geral definida, onde Y representa o consumo de energia elétrica, b_0, b_1 e b_2 representam respectivamente a constante, o coeficiente alunos e o coeficiente área, enquanto que x_a e x_b são os valores de alunos matriculados e área construída, respectivamente, e e indica o erro.

$$Y = b_0 + b_1x_a + b_2x_b + e \quad (8)$$

Acrescentando os valores encontrados na regressão linear, fornecidos na Tabela 10, tem-se a seguinte equação:

$$Y = -402496,292 + 623,381x_a + 4,877x_b + 142189,165 \quad (9)$$

3.5. APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO

Com a obtenção da equação a partir da Regressão demonstrada no capítulo 3.4, é possível realizar a aplicação dos dados coletados para fazer a análise dos reais valores de consumo, obtidos a partir dos dados fornecidos nos documentos das IES e o valor calculado, onde tem-se como entradas os dados de alunos matriculados e área construída e como saída o valor do consumo de energia elétrica.

A Tabela 11 indica o número de alunos matriculados, a área construída, o valor do consumo de energia, valores encontrados através de pesquisa nas instituições, e o cálculo do consumo fornecido pela aplicação da equação (9), juntamente com o erro entre o valor real e calculado.

Tabela 11: Comparação valor real e calculado

UNIVERSIDADE	CAMPUS	CONSUMO REAL ANUAL - 2016 (kW.h)	ALUNOS GRADUAÇÃO	ÁREA CONSTRUÍDA (m²)	CONSUMO CALCULADO (kW.h)	ERRO (%)
UNILA	GERAL	955.675	3.056	23.547	1.673.878	75,15%
UFCSPA	GERAL	1.845.088	2.277	27.416	1.214.971	34,15%
UFSC	ARARANGUÁ	76.334	1.171	6.991	421.862	452,65%
	BLUMENAU	210.689	786	3.343	164.694	21,83%
	CURITIBANOS	439.655	963	6.334	290.103	34,02%
	FLORIANÓPOLIS	17.014.266	23.759	393.828	16.454.056	3,29%
	JOINVILLE	393.235	1.659	10.455	741.504	88,57%
UFPR	CURITIBA	15.152.271	23.306	416.631	16.299.459	7,57%
	JANDAIA DO SUL	5.840	384	2.929	-85.290	1560,38%
	LITORAL	849.151	1.611	20.043	764.294	9,99%
	PALOTINA	1.255.641	1.165	18.364	480.284	61,75%
FURG	GERAL	8.087.239	9.331	206.304	6.538.908	19,15%
UTFPR	APUCARANA	330.142	765	38.612	344.392	4,32%
	CAMPO MOURÃO	645.367	1.694	16.375	795.406	23,25%
	CONÉLIO PROCÓPIO	609.484	2.211	10.075	1.079.583	77,13%
	CURITIBA	3.432.561	6.943	23.579	4.069.317	18,55%
	DOIS VIZINHOS	768.559	1.560	178.920	1.600.650	108,27%
	FRANSCISCO BELTRÃO	396.050	698	83.332	547.366	38,21%
	GUARAPUAVA	278.189	561	7.549	49.015	82,38%
	LONDRINA	506.207	1.519	9.810	651.709	28,74%
	MEDIANEIRA	811.392	1.548	78.228	1.043.277	28,58%
	PATO BRANCO	1.186.152	2.797	24.155	1.517.596	27,94%
	PONTA GROSSA	628.959	2.177	81.485	1.448.671	130,33%
	SANTA HELENA	141.932	224	4.830	-173.504	222,24%
	TOLEDO	413.894	1.144	14.718	447.433	8,10%

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

Analisando os resultados da Tabela 11, é possível observar que existem porcentagens de erros muito altas quando comparado ao valor real, obtido na pesquisa dos dados, e o valor calculado com a equação obtida (9). Tal discrepância pode ser justificada por alguns fatores:

- Os dados de consumo de energia, alunos matriculados e área construída de algumas instituições não seguem o mesmo padrão das demais, como o campus de Jandaia do Sul da UFPR que apresenta um consumo muito baixo quando relacionado com o número de alunos matriculados e área construída;
- Algumas das instituições são recentes, como é o caso do campus de Santa Helena da UTFPR, que possui uma área construída elevada porém um número baixo de alunos, pela pouca oferta de cursos até a data em que foram acessados os dados;
- Seria necessário uma pesquisa mais específica quanto aos prédios que estão inclusos na variável área construída, uma vez que um hospital universitário ou os equipamentos presentes em laboratórios de pesquisa, por exemplo, consomem mais energia que salas de aula comuns aplicadas para os cursos em geral;
- A arquitetura da construção é um fator importante para análise do consumo, pois ambientes com maior incidência de luz natural requerem um menor consumo de luz artificial;

- O consumo fornecido pelas IES é referente à população total da instituição porém os dados de alunos matriculados não englobam outras formas de acadêmicos, como mestrandos, doutorandos, além de não incluir os profissionais que ali trabalham. Neste trabalho, preferiu-se uniformizar a pesquisa apenas incluindo o número de alunos de bacharelado matriculados;
- A condição climática da região é um aspecto que deve ser levado em consideração, uma vez que IES localizadas em locais onde a temperatura é mais elevada requerem equipamentos que irão influenciar no consumo de energia;
- A quantidade de cursos ofertados no período noturno irá também influenciar, pois atividades realizadas nesse horário necessitam de uma maior luminosidade.

3.6. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Para a realização de alguns testes no indicador, a partir da equação 09, foram adotados quatro cenários distintos: Aumentos de 5% e 10% no número de alunos matriculados com o valor da área construída constante e aumentos de 5% e 10% na área construída mantendo-se constante o número de alunos matriculados. Para a aplicação dos cenários mencionados, foram utilizadas as IES UFSC campus de Florianópolis e o campus da UTFPR em Apucarana. A escolha se deu observando a baixa margem de erro quando comparados os consumos reais e calculados, além da diferença nas variáveis número de alunos e área construída, evitando uma possível restrição do indicador para determinados fatores e buscando uma maior aleatoriedade do estudo.

a) Cenário 01 - Aumento de 5% no número de alunos matriculados

• **Campus da UFSC em Florianópolis**

Sabendo que o número de alunos matriculados para essa IES é 23.759 alunos, um aumento de 5% nesse valor representa:

$$Alunos = 1,05 \times 23.759 = 24.947 \quad (10)$$

Considerando a área construída constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 5% do número de alunos:

$$Y = -402496,292 + 623,381x24.947 + 4,877x393.828 + 142189,165 \quad (11)$$

$$Y = 17.186.101 \text{ kW.h} \quad (12)$$

Ou seja, um aumento de 5% no número de alunos matriculados representou um aumento de aproximadamente 4,45% no consumo de energia elétrica.

- **Campus da UTFPR em Apucarana**

Seguindo os mesmos passos realizados anteriormente e sabendo que para essa instituição o número de alunos matriculados é 765 alunos, um aumento de 5% nesse valor representa:

$$Alunos = 1,05 \times 765 = 804 \quad (13)$$

Considerando a área construída constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 5% do número de alunos:

$$Y = -402496,292 + 623,381x804 + 4,877x38.612 + 142189,165 \quad (14)$$

$$Y = 367.392 \text{ kW.h} \quad (15)$$

Dessa forma, um aumento de 5% no número de alunos matriculados representou um aumento de aproximadamente 6,84% no consumo de energia elétrica.

b) Cenário 02 - Aumento de 10% no número de alunos matriculados

- **Campus da UFSC em Florianópolis**

A partir da informação que o número de alunos matriculados para essa IES é 23.759 alunos, um aumento de 10% nesse valor representa:

$$Alunos = 1,10 \times 23.759 = 26.135 \quad (16)$$

Considerando a área construída constante e aplicando os

valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 10% do número de alunos:

$$Y = -402496,292 + 623,381x26.135 + 4,877x393.828 + 142189,165 \quad (17)$$

$$Y = 17.918.145 \text{ kW.h} \quad (18)$$

Ou seja, um aumento de 10% no número de alunos matriculados representou um aumento de aproximadamente 8,90% no consumo de energia elétrica.

- **Campus da UTFPR em Apucarana**

Tendo a informação que para essa instituição o número de alunos matriculados é 765 alunos, um aumento de 10% nesse valor representa:

$$Alunos = 1,10 \times 765 = 842 \quad (19)$$

Considerando a área construída constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 10% do número de alunos:

$$Y = -402496,292 + 623,381x842 + 4,877x38.612 + 142189,165 \quad (20)$$

$$Y = 391.533 \text{ kW.h} \quad (21)$$

Dessa forma, um aumento de 5% no número de alunos matriculados representou um aumento de aproximadamente 13,69% no consumo de energia elétrica.

c) Cenário 03 - Aumento de 5% na área construída

- **Campus da UFSC em Florianópolis**

Sabendo que a área construída para essa IES é 393.828 m², um aumento de 5% nesse valor representa:

$$\text{Área construída} = 1,05 \times 393.828 = 413.520 \text{ m}^2 \quad (22)$$

Considerando o número de alunos matriculados constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento

do consumo de energia a partir do aumento em 5% da área construída:

$$Y = -402496,292 + 623,381x23.759 + 4,877x413.520 + 142189,165 \quad (23)$$

$$Y = 16.561.610 \text{ kW.h} \quad (24)$$

Ou seja, um aumento de 5% na área construída representou um aumento de aproximadamente 0,65% no consumo de energia elétrica.

- **Campus da UTFPR em Apucarana**

Seguindo os passos anteriormente mencionados e sabendo que a área construída para essa IES é 38.612 m², um aumento de 5% nesse valor representa:

$$\text{Área construída} = 1,05 \times 38.612 = 40.543 \text{ m}^2 \quad (25)$$

Considerando o número de alunos matriculados constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 5% da área construída:

$$Y = -402496,292 + 623,381x765 + 4,877x40.543 + 142189,165 \quad (26)$$

$$Y = 354.937 \text{ kW.h} \quad (27)$$

Ou seja, um aumento de 5% na área construída representou um aumento de aproximadamente 3,06% no consumo de energia elétrica.

d) Cenário 04 - Aumento de 10% na área construída

- **Campus da UFSC em Florianópolis**

Sabendo que a área construída para essa IES é 393.828 m², um aumento de 10% nesse valor representa:

$$\text{Área construída} = 1,10 \times 393.828 = 433.211 \text{ m}^2 \quad (28)$$

Considerando o número de alunos matriculados constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento

do consumo de energia a partir do aumento em 5% da área construída:

$$Y = -402496,292 + 623,381x23.759 + 4,877x433.211 + 142189,165 \quad (29)$$

$$Y = 16.669.165 \text{ kW.h} \quad (30)$$

Ou seja, um aumento de 10% na área construída representou um aumento de aproximadamente 1,31% no consumo de energia elétrica.

- **Campus da UTFPR em Apucarana**

Seguindo os passos anteriormente mencionados e sabendo que a área construída para essa IES é 38.612 m², um aumento de 10% nesse valor representa:

$$\text{Área construída} = 1,10 \times 38.612 = 42.474 \text{ m}^2 \quad (31)$$

Considerando o número de alunos matriculados constante e aplicando os valores na equação 09, é possível calcular o aumento do consumo de energia a partir do aumento em 10% da área construída:

$$Y = -402496,292 + 623,381x765 + 4,877x42.474 + 142189,165 \quad (32)$$

$$Y = 365.482 \text{ kW.h} \quad (33)$$

Ou seja, um aumento de 10% na área construída representou um aumento de aproximadamente 6,12% no consumo de energia elétrica.

Após a realização dos cenários descritos é possível a construção da Tabela 12 onde são apresentados os valores dos consumos de energia elétrica obtidos a partir da equação 09, juntamente com o consumo para cada cenário e o aumento em porcentagem para cada caso.

Tabela 12: Cenários Simulados

UNIVERSIDADE	CONSUMO CALCULADO (kW.h)	Consumo (kW.h) Cenário 01	Aumento	Consumo (kW.h) Cenário 02	Aumento	Consumo (kW.h) Cenário 03	Aumento	Consumo (kW.h) Cenário 04	Aumento
UFSC - FLORIANÓPOLIS	16.454.058	17.186.101	4,45%	17.918.145	8,90%	16.561.610	0,65%	16.669.165	1,31%
UTFPR - APUCARANA	344.392	367.962	6,84%	391.533	13,89%	354.937	3,06%	365.482	6,12%

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

Com a observação da Tabela 12, nota-se que o acréscimo do número de alunos ou da área construída gera um aumento no consumo que será proporcional a taxa de aumento considerada, ou seja, o aumento do consumo gerado a partir do acréscimo de 10% da quantidade dos alunos matriculados é o dobro da porcentagem do aumento obtido a partir do acréscimo de 5% da quantidade dos alunos matriculados.

A Tabela 12 também mostra que o impacto gerado no consumo de energia elétrica é maior com aumento do número de alunos matriculados do que com o aumento da área construída, dessa forma para a IES UFSC campus Florianópolis a cada aumento de 5% no número de alunos matriculado gera um aumento de 4,45% no consumo enquanto que o aumento de 5% da área construída produz um aumento de 0,65%. Para a IES UTFPR campus Apucarana o aumento de 5% do número de alunos matriculados gera o aumento de 6,84% no consumo, e o aumento de 5% da área construída produz um aumento de 3,06% no consumo de energia elétrica.

3.7. ANÁLISE SOCIAL E AMBIENTAL

Como foi dito no item 2.1 deste trabalho, a eficiência energética também possui fatores de influência social e ambiental. Muitas vezes o peso desses outros fatores não é claro para o tomador de decisão, não sendo possível mensurar o real ganho que os PEE realmente oferecem para sociedade e o meio ambiente.

Para elucidar o impacto da energia evitada, fez-se uma análise comparativa entre os ganhos através dos PEE e os reflexos que esse ganho pode gerar na sociedade e meio ambiente.

A Tabela 13 apresenta os valores para auxiliar alunos dentro da universidade, tomando como base a UTFPR, e o valor do salário mínimo para gerar um novo emprego.

Tabela 13: Fatores Sociais

Fator Social	Valor (R\$)
Auxílio Moradia (AM)	300
Auxílio Básico (AB)	200
Auxílio Instalação (AI)	400
Restaurante Universitário (RU) –almoço	209
Bolsa Iniciação Científica (BIC)	400
Bolsa Monitoria (BM)	300
Programa de Educação Tutorial (PET)	400
Salário Mínimo (SM)	954

Fonte: Autores, 2018

A Tabela 13 apresenta alguns gastos mensais que a UTFPR tem por aluno para auxiliar alunos a custear seus estudos, incentivar a pesquisa e o custo mensal de um novo servidor baseado no salário mínimo em 2018.

Analisando os dados dos gastos mensais, pode-se construir uma tabela comparativa entre o ganho através da energia evitada por PEE e quantos alunos é possível auxiliar em cada fator social apresentado na Tabela 13.

A Tabela 14 mostra a quantitativamente o impacto social gerado através da economia pela energia evitada. Com um ganho de R\$1.000,00 pode-se auxiliar 5 alunos através do auxílio básico, enquanto com o ganho de R\$3.000,00 pode-se auxiliar 7 alunos através das bolsas de iniciação científica incentivando o crescimento tecnológico e científico.

Tabela 14: Ganho Social

Ganho (R\$)	AM	AB	AI	RU	BIC	BM	PET	SM
1.000,00	3	5	2	4	2	3	2	1
1.500,00	5	7	3	7	3	5	3	1
2.000,00	6	10	5	9	5	6	5	2
2.500,00	8	12	6	11	6	8	6	2
3.000,00	10	15	7	14	7	10	7	3
5.000,00	16	25	12	23	12	16	12	5
10.000,00	33	50	25	47	25	33	25	10

Fonte: Autores, 2018

A mesma análise feita para os impactos sociais pode ser realizada para os impactos ambientais. Para a análise do impacto ambiental, será considerado será considerado o problema do aquecimento global, gerado pela liberação dos gases do efeito estufa.

De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2013, o dióxido de carbono (CO_2) é o gás mais representativo do efeito estufa, juntamente com suas ramificações representam cerca de 75,28%.

A Figura 14 apresenta o potencial de aquecimento global baseado na quantidade em kg de CO_2 liberados por MW dos anos de 2014 à 2024.

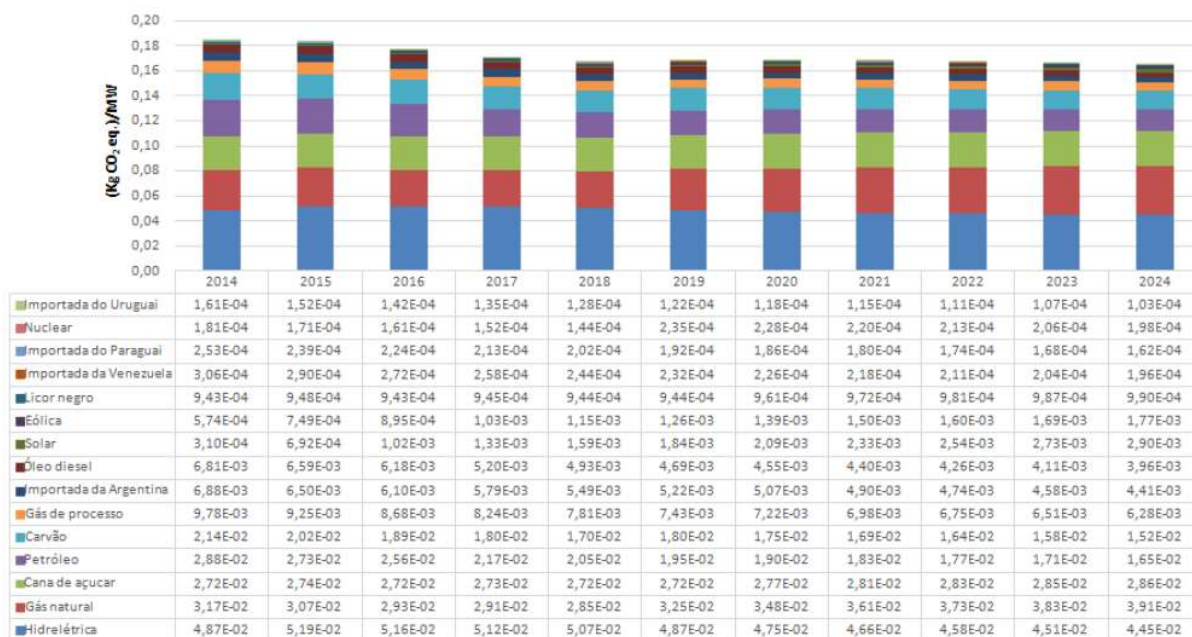


Figura 13: Potencial de impacto relativo (Kg CO₂ eq./MW) na geração de energia elétrica no Brasil para os anos de 2014 a 2024

Fonte: Barros, 2017

A Figura 14 apresenta quantitativamente o impacto ambiental através da liberação de CO_2 para cada fonte energética, entre os anos de 2014 e 2024. Analisando os dados pode-se ver uma tendência de manter ou diminuir o impacto ambiental causado pela geração de eletricidade para os próximos anos (BARROS, 2017). Pode-se observar também que as principais fontes que contribuem para esse fator são as usinas hidrelétricas e as de gás natural.

Como a hidrelétrica é a principal fonte energética do país, pode-se tomar como base a liberação de CO_2 gerada por ela no ano de 2018 para realizar a análise comparativa entre a energia evitada e o impacto ambiental.

De acordo com Barros (2017), 1 MW equivale a 0,0507 kg de CO_2 . A Tabela 15 mostra a relação entre a energia evitada (MW) e o impacto ambiental em kg de CO_2 que é reduzido da atmosfera.

Tabela 15: Relação entre Energia Evitada e Redução de CO_2

Energia Evitada [MW]	Impacto Ambiental [kg de CO_2]
1	0,0507
5	0,2535
10	0,507
25	1,2675
50	2,535
100	5,07
250	12,675
500	25,35

Fonte: Autores, 2018

A Tabela 15 mostra o quanto de CO_2 é poupado da atmosfera ao se ter uma redução do uso de energia através da energia evitada. Ou seja, através de um PEE que reduza o consumo de energia em 50 MW, tem-se uma redução de aproximadamente 2,5 kg de CO_2 que não será mais necessário ser liberado à atmosfera.

Ambas análises, do impacto social e do impacto ambiental, mostram que é preciso repensar e analisar os dados não focando apenas no ganho financeiro, mas no que esse ganho realmente reflete tanto na sociedade como no meio ambiente.

3.7.1. Regressão linear fator ambiental

A partir da Figura 14 é possível desenvolver uma equação capaz de relacionar os consumos de energia elétrica das IES com a emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Sabendo que todos os dados foram coletados de relatórios referentes aos anos de 2016, somou-se os fatores de emissão de dióxido de carbono por fonte energética para o mesmo ano.

$$F_{E.T} = \sum F_{E.F} \quad (22)$$

Onde $F_{E.T}$ corresponde ao fator de emissão total e $F_{E.F}$ representa o fator de emissão por fonte energética, somando os valores dos fatores de emissão de cada fonte no ano de 2016 chega-se no fator total de emissão indicado na equação 23.

$$F_{E.T} = 0,17722 \text{ kgCO}_2\text{eq.}/\text{MW} \quad (23)$$

Com o fator de emissão total é possível calcular a emissão de cada instituição analisada a partir de algumas considerações:

- Necessário a conversão de MW para kW para facilitar a relação com os consumos elétricos coletados, multiplicando-se o fator de emissão por 1000;
- Calcular a potência de cada instituição considerando que o consumo elétrico está relacionado para um dia, ou seja, 24h.

Dessa forma, encontra-se a seguinte equação para calcular a emissão de dióxido de carbono na atmosfera a partir do consumo de energia elétrica:

$$E = \frac{0,17722 \times Y \times 1000}{24} \quad (24)$$

Na equação apresentada anteriormente, E representa a emissão de dióxido de carbono e Y representa o consumo de energia elétrica permitindo que seja construída a Tabela 16.

Tabela 16: Emissão de Dióxido de Carbono

UNIVERSIDADE	CAMPUS	CONSUMO ANUAL - 2016 (kW.h)	KgCO ₂ eq.
UNILA	GERAL	955.675	7.056.744
UFCSPA	GERAL	1.845.088	13.624.207
UFSC	ARARANGUÁ	76.334	563.653
	BLUMENAU	210.689	1.555.736
	CURITIBANOS	439.655	3.246.431
	FLORIANÓPOLIS	17.014.266	125.634.049
	JOINVILLE	393.235	2.903.664
UFPR	CURITIBA	15.152.271	111.885.003
	JANDAIA DO SUL	5.840	43.125
	LITORAL	849.151	6.270.169
	PALOTINA	1.255.641	9.271.709
FURG	GERAL	8.087.239	59.716.510
UTFPR	APUCARANA	330.142	2.437.782
	CAMPO MOURÃO	645.367	4.765.417
	CONÉLIO PROCÓPIO	609.484	4.500.455
	CURITIBA	3.432.561	25.346.173
	DOIS VIZINHOS	768.559	5.675.072
	FRANSCISCO BELTRÃO	396.050	2.924.450
	GUARAPUAVA	278.189	2.054.159
	LONDRINA	506.207	3.737.854
	MEDIANEIRA	811.392	5.991.352
	PATO BRANCO	1.186.152	8.758.596
	PONTA GROSSA	628.959	4.644.259
	SANTA HELENA	141.932	1.048.032
	TOLEDO	413.894	3.056.211

Fonte: Autores baseado nos Relatórios de Gestão, 2018

A Tabela 16 apresenta os valores calculados de emissão de dióxido de carbono a partir da utilização da equação 24, considerando os consumos de energia elétrica de cada IES estudada. A partir disso, será possível saber a quantidade de dióxido de carbono que deixará de ser emitida na atmosfera.

4. CONCLUSÃO

O aumento do consumo de energia elétrica torna necessária a busca por formas mais eficientes da utilização da energia elétrica e sua produção através de novas fontes. Nesse contexto, surge a necessidade do desenvolvimento de projetos de Eficiência Energética.

No âmbito educacional, que foi o tema abordado, pode-se notar a falta de investimentos de PEE nesta área. O principal fator para essa falta de investimentos é a carência de dados e estudos abrangentes sobre o consumo energético nas IES, sendo necessário um indicador capaz de auxiliar na tomada de decisão quanto a aplicação de um determinado projeto, para que haja um melhor aproveitamento do investimento.

Para auxiliar os tomadores de decisão no que se refere a PEE, foi desenvolvido um indicador de EE, que não se limite apenas em demonstrar o valor do consumo evitado e tempo de retorno do investimento, é necessário analisar mais parâmetros antes de tomar uma decisão dessa importância.

Além do aspecto econômico, é preciso também levar em conta o impacto social e ambiental que a aplicação de um PEE. Os PEE geram a divulgação de novos conhecimentos e inovações tecnológicas, beneficia pessoas externas à Universidade, gera empregos para a sua implementação e manutenção, diminui a demanda de energia e, conseqüentemente, os problemas relacionados à ela.

Através de uma análise sensível das conseqüências geradas através da energia evitada pelos PEE, pode-se observar que mesmo um pequeno ganho financeiro pode resultar em grandes impactos sociais e ambientais. Como exemplo, foi citado a quantidade de dióxido de carbono que não será emitido na atmosfera, e, também, o número de alunos que serão afetados com a implementação do projeto estudado, auxiliando também em possíveis ampliações na quantidade de alunos, pois será possível determinar o quanto do consumo de energia será necessário para atender uma nova demanda.

Deste modo, pode-se concluir que os investimentos em PEE nas IES tem como objetivo muito mais do que apenas uma redução de custos, sendo necessário analisar todos fatores relacionados à implementação e seus efeitos positivos.

Para trabalhos futuros, sugere-se um estudo mais aprofundado das universidades analisando a área construída classificando-a conforme sua

tecnologia (LED, incandescente, fluorescente, entre outras). Além disso, a padronização das IES estudadas buscando a obtenção de dados mais próximos, ou o estudo da mesma instituição ao longo dos anos, uma vez que cada instituição possui suas particularidades. Outro tema de pesquisa é a busca por uma variável que relacione o consumo de energia elétrica, o número de alunos e a área construída.

REFERÊNCIAS

ABREU, *et al.* **Energia, Sociedade e Meio Ambiente.** 2010.

AMARAL, *et al.* **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** In: 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO – CBGDP. Porto Alegre, 2011.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. **Investimento no PEE desde a publicação da RN 300/2008 até março de 2016.** Disponível em <<https://goo.gl/Hi3JHP>>. Acessado em: 09/10/2016.

BARBOSA, Eduardo. **Instrumentos de Coleta de Dados em Pesquisa.** Instituto de Pesquisas e Inovações Educacionais–Educativa. Belo Horizonte, 1998.

BARROS, Murillo. **Avaliação do Ciclo de Vida de Geração de Energia Elétrica no Brasil: Histórico e Perspectivas Futuras em termos de Aquecimento Global.** Trabalho de Conclusão de Curso – UTFPR. Ponta Grossa, 2017.

BOSSEL, Hartmut. **Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications.** A report to the Balaton Group. Winnipeg, Canada, 1999.

BOYD, Gale. **Estimating the changes in the distribution of energy efficiency in the U.S. automobile assembly industry.** Energy Economics, vol. 42 p. 81-87, 2014.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: e o novo papel dos recursos humanos nas organizações.** 2.ed. Elsevier, p.512. Rio de Janeiro, 2004.

CHOO, Chun. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.** São Paulo: SENAC, 2003.

DGA (Direção Geral do Ambiente). **Proposta para um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável.** Amadora, Portugal, 2000.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Projeção da Demanda de Energia Elétrica.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em <<https://goo.gl/6KLt8Y>>. Acessado em: 24/10/2017.

ETZIONI, Amitai. **Organizações modernas.** São Paulo: Pioneira, 1989.

FERNANDES, Djair. **Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial.** Revista FAE, vol. 7, n. 1. Curitiba, 2004.

FILHO, Miguel. A Utilização da Regressão Linear Como Ferramenta Estratégica para a Projeção dos Custos Produção. **IX Congresso Brasileiro de Custos**, São Paulo, 2002.

GOLDEMBERG, José. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento.** Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

Guia Referencial para Medição de Desempenho e Manual para Construção de Indicadores. Brasília, 2009. Disponível em <<https://goo.gl/YmDucf>>. Acessado em 04/05/2017.

GOMES, *et al.* **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** São Paulo:

Atlas, 2002.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JANUZZI, Gilberto. **Políticas Públicas para Eficiência Energética e Energia Renovável no Novo Contexto de Mercado - Uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil**. Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP. Campinas, 1999.

KATS, G. **Measuring and verifying climate change emissions reductions**. Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings. Los Angeles, 1998.

LAMBERTS, *et al.* **Eficiência energética na Arquitetura**. PROCEL/UFSC. São Paulo: PW Editores, 1997.

LIZÁRRAGA, José. **Termodinâmico de fluidos y el método de análisis exergético**. ISBN: 978-84-7585-080-1. 1987.

LOZANO, M. A.; VALERO A. **Theory of Exergetic Cost; Energy**, Vol.18, No.9, p. 939-960, 1993.

MARTINS, Carolina. **Brasil tem 7,3 milhões de estudantes universitários, diz MEC**. Jornal R7, Brasília, 2014. Disponível em <<http://bit.ly/2Eb5Co2>>. Acessado em: 11/10/2016.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**. Monografia de Pós-graduação MBA em Energia Elétrica/UFRJ. Rio de Janeiro, 1999.

MATOS, Orlando Carneiro de. **Econometria básica: teoria e aplicações**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2000.

Michaelis Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Editora Melhoramentos Ltda, 2015. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>> Acessado em: 21/05/2017.

MILLS, Evan; ROSENFELD, Art. **Consumer non-energy benefits as a motivation for making energy-efficiency improvements**. Lawrence Berkeley Laboratory. Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings. Berkeley, 1998.

MORALES, Clayton. **Indicados de Consumo de Energia Elétrica: Classificação por Prioridades de Atuação na Universidade de São Paulo**. São Paulo, 2007.

NEPOMUCENO, *et al.* **Eficiência Energética em Instituições de Ensino**. São João Del Rei, 2005.

OECD. Toward Sustainable Development. **Indicators to measure progress. Proceedings of the OECD Rome Conference**. Vol. II Frameworks and indicators. OECD, 2000.

PATTERSON, Murray. **What is energy efficiency? Concepts, indicators and**

methodological issues. Energy Policy, vol. 24, p. 377-390, 1996.

PEPPLOW, *et al.* **Avaliação do impacto no sistema energético a partir de projetos de eficiência energética em instituições de ensino tecnológico e superior.** Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Gramado, 2016.

Plano Nacional de Energia 2050. Disponível em <<https://goo.gl/hhaUV9>>. Acessado em: 11/10/2016.

ROCHA, *et al.* **Construção e Análise de Indicadores.** Departamento Regional do Estado do Paraná - Observatório Regional Base de Indicadores de Sustentabilidade. Curitiba, 2010.

SCHIPPER, *et al.* **Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economic Link.** Annual Review of Energy and the Environment, n. 26, p. 49-81, 2001.

SELL, Isair. Utilização da Regressão Linear como Ferramenta de Decisão na Gestão de Custos. **IX Congresso Internacional de Custos**, Florianópolis, 2005.

SHIMIZU, Tamio. **Decisão nas organizações: introdução aos problemas de decisão encontrados nas organizações e nos sistemas de apoio a decisão.** São Paulo: Atlas, 2001.

SILVA, *et al.* **Eficiência Energética na Gestão da Conta de Energia Elétrica da Universidade Federal de Sergipe.** II Congresso Internacional IGLU. Florianópolis, 2011.

SILVA, Cylon G. **Universidade e Sociedade: três pequenas provocações.** Revista de Estudos Avançados na UNICAMP online. Campinas, 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/2BMx4Hb>>. Acessado em: 18/06/2017.

SPE [Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética]. **Programa de Eficiência Energética.** Novembro, 2015. Disponível em <<https://goo.gl/tDf9BJ>>. Acessado em: 09/10/2016.

TAVARES, Flávio; MONTEIRO, Luciane. **Indicadores de Eficiência Energética na Indústria de Fertilizantes de Amônia.** Sistemas & Gestão, vol. 9, p. 216, 2014.

TACHIZAWA, Takeshy; ANDRADE, Rui Otavio Bernardes. **Gestão de instituições de ensino.** 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

TCU [Tribunal de Contas da União]. **Sistema de Prestação de Contas Anuais ao TCU.** 2015. Disponível em: <<http://bit.ly/2ERBhb4>>. Acessado em: 03/09/2017.

TOLMASQUIM, *et al.* **Tendências da Eficiência Elétrica no Brasil: Indicadores de eficiência energética.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Energe, 1998.

TOXOPEUS, Marten E.; LUTTERS, Eric; HOUTEN, Fred J. A. M. **Environmental Indicators & Engineering: an alternative for weighting factors.** International Conference on Life Cycle Engineering, vol. 75, 2006.

UFSC [Universidade Federal de Santa Catarina]. **Construção de indicadores**, 2008. Disponível em: <<http://bit.ly/2shYFMi>>. Acessado em: 20/04/2017.

UTFPR [Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. **Relatório de Gestão Exercício 2016.** Disponível em: <<http://bit.ly/2Eb9phe>>. Acessado em: 03/09/2017.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources 2004**. Disponível em: <<http://bit.ly/2EdbLAb>>. Acessado em: 01/04/2017.

ANEXOS

Anexo 1 - Relação entre Dimensão, Nível e Subdimensão

Anexo 1 referente classificação de dimensão, nível e subdimensão utilizada no 1º passo para a construção de Indicadores.

Dimensão	Níveis				
	Macro Governo	Meso Setorial de política pública	Micro Organizações em rede	Micro Organização	Nano Unidade
E ₁ Efetividade	Subdimensão: 1.1 Impacto Final Nível geral de bem estar, desenvolvimento (social, econômico e sócio-ambiental), igualdade social etc. Exemplos de Indicadores: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) PIB per capita Coeficiente de Gini	Subdimensão: 1.2 Impacto Intermediário Resultados de Política Pública, impactos intermediários de desenvolvimento etc. Exemplos de Indicadores: Taxa de Analfabetismo de 15 anos ou mais Coeficiente de mortalidade infantil Expectativa média de vida da população Habitantes/domicílio Taxa de Homicídios Percentual da população infectada pelo vírus HIV Índice de distorção Idade / Série Taxa de conclusão do ensino médio na Rede de Ensino	Subdimensão: 1.2 Impacto Intermediário Resultados em temas de Políticas Públicas, impactos intermediários de políticas públicas etc. Exemplos de Indicadores: Índice de desenvolvimento Social Regional Índice de Vulnerabilidade Social Índice de convergência competitiva	Subdimensão: 1.2 Impacto Intermediário Resultados intermediários de desenvolvimento, políticas públicas ou temas de políticas públicas, Satisfação dos stakeholders, Melhoria da Gestão etc. Exemplos de Indicadores: todos dos níveis anteriores.	1.2 Subdimensão: Impacto inicial, Resultados da organização. Exemplos de Indicadores: todos dos níveis anteriores.

Dimensão	Níveis				
	Macro Governo	Meso Setorial de política pública	Meso-micro Organizações em rede	Micro Organização	Nano Unidade
E ₂ Eficácia	Subdimensões: Consolidação da quantidade, cobertura e qualidade dos Serviços entregues pelo Governo 2.1 Quantidade / Volume 2.2 Qualidade do serviço Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. Exemplos de Indicadores: Índice de Qualidade de Vida Urbana Percepção da população quanto à confiança nas instituições públicas Qualidade global dos serviços prestados Quantidade de serviços públicos ofertados ao cidadão	Subdimensões: Serviços, bens e valores entregues por vários domínios de políticas públicas 2.1 Quantidade / Volume 2.2 Qualidade do produto/serviço Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. 2.3 Acessibilidade e Equidade 2.4 Cobertura Exemplos de Indicadores: Número de jovens e adultos alfabetizados Quantidade de habitações construídas Extensão da Malha rodoviária pavimentada Rede hidroviária adequada Domicílios atendidos por água tratada Número de depósito de patentes de residentes Percentual de domicílios da zona rural atendidos em energia elétrica	Subdimensões: Serviços, bens e valores entregues relacionados a um tema de política pública 2.1 Quantidade / Volume 2.2 Qualidade do produto/serviço Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. 2.3 Acessibilidade e Equidade 2.4 Cobertura Exemplos de Indicadores: Número de escola de Educação básica com conexão de Banda Larga Quantidade de Telecentros instalados Percentual do território com cobertura vegetal nativa Cobertura do Saúde da Família Cobertura de serviços básicos de saúde	Subdimensões: Serviços, bens e valores entregues pela organização. A carta de serviços dispõe dos serviços prestados pela organização. 2.1 Quantidade / Volume 2.2 Qualidade do produto/serviço Durabilidade técnica, estética, Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. 2.3 Acessibilidade e Equidade 2.4 Cobertura 2.5 Risco Exemplos de Indicadores: Índice de Satisfação dos usuários com os serviços da organização Número de pontos de cultura instalados Quantidade de novas escolas construídas	Subdimensões: Serviços, bens e valores entregues pela unidade finalística. A carta de serviços dispõe os serviços prestados pela unidade finalística 2.1 Quantidade / Volume 2.2 Qualidade do produto/serviço Durabilidade técnica, estética, Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. 2.3 Acessibilidade e Equidade 2.4 Cobertura 2.5 Risco Exemplos de Indicadores: Quantidade de ações de fiscalização realizadas

Dimensão	Níveis				
	Macro Governo	Meso Setorial de política pública	Meso-micro Organizações em rede	Micro Organização	Nano Unidade
E ₃ Eficiência	Subdimensões: 3.1 Custo-efetividade Relação custo-efetividade da atuação governamental 3.4 Utilização de recursos Exemplos de Indicadores: Custo-efetividade (<i>outcomes/custo</i>) Volume do gasto público (despesa orçamentária) em relação ao PIB Relação PIB/capita e IDH Relação gastos públicos e IDH	Subdimensões: 3.1 Custo-efetividade Relação custo-efetividade de vários domínios de política pública 3.2 Produtividade de vários domínios de políticas públicas 3.4 Utilização de recursos Custo unitário do serviço/bem/valor entregue Exemplos de Indicadores: Custo-efetividade (<i>outcomes/custo</i>) Volume do gasto público (despesa orçamentária) em relação ao PIB Relação gastos públicos e IDH	Subdimensões: 3.1 Custo-efetividade Relação custo-efetividade de vários temas de política pública 3.2 Produtividade de vários temas de políticas públicas 3.4 Utilização de recursos Custo unitário do serviço/bem/valor entregue Exemplos de Indicadores: Custo-efetividade (<i>outcomes/custo</i>) Volume do gasto público (despesa orçamentária) em relação ao PIB Relação gastos públicos e IDH Custo médio de conexão de banda larga por escola Custo médio por telecentro instalado	Subdimensões: 3.2 Produtividade da organização 3.3 Tempo Tempo de ciclo, Frequência de entrega, Tempo de desenvolvimento de novos bens e serviços, Desperdício etc. 3.4 Utilização de recursos Custo unitário do serviço/bem/valor entregue 3.5 Custo-benefício (qualidade do gasto) Exemplos de Indicadores: Custos unitários de serviços estratégicos Tempo médio de atendimento ao cidadão Tempo médio para abrir um negócio Eficiência Orçamentária	Subdimensões: 3.2 Produtividade da unidade finalística Carga de Trabalho, Consumo, Desperdício etc. 3.3 Tempo Tempo de ciclo, Frequência de entrega, Tempo de desenvolvimento de novos bens e serviços, Desperdício etc. 3.4 Utilização de recursos Custo unitário do serviço/bem/valor entregue 3.5 Custo-benefício (Eficiência dos gastos) Exemplos de Indicadores: Custo por ação de fiscalização Tempo médio de atendimento às demandas (em dias) Custo com combustível/peças/serviços por período Custo por unidade do serviço prestado (custo unitário por cirurgia, por hora-aula, por km pavimentado)

Dimensão	Níveis				
	Macro Governo	Meso Setorial de política pública	Meso-micro Organizações em rede	Micro Organização	Nano Unidade
E ₄ Execução	Subdimensões: 4.1 Programas e Projetos Execução física e Execução financeira agregadas Exemplos de Indicadores: Grau de implementação dos Programas da Agenda de Governo Percentual de Programas com a taxa de execução física adequada Taxa de empenho Taxa de liquidação orçamentária Taxa de execução físico-financeira (taxa de execução físico-financeira) Percentual de projetos completados dentro do prazo e orçamento Taxa de execução dos processos de contratação	Subdimensões: 4.1 Programas e Projetos Execução física e Execução financeira Exemplos de Indicadores: Grau de implementação dos Programas da Agenda de Governo Percentual de Programas com a taxa de execução física adequada Taxa de empenho Taxa de liquidação orçamentária Taxa de execução físico-financeira (taxa de execução física/financeira) Percentual de projetos completados dentro do prazo e orçamento Taxa de execução dos processos de contratação	Subdimensões: 4.1 Programas e Projetos Execução física e Execução financeira 4.2 Processos finalísticos Execução física e Execução financeira Exemplos de Indicadores: Grau de implementação dos Programas da Agenda de Governo Percentual de Programas com a taxa de execução física adequada Taxa de empenho Taxa de liquidação orçamentária Taxa de execução físico-financeira (taxa de execução física/financeira) Percentual de projetos completados dentro do prazo e orçamento Taxa de execução dos processos de contratação	Subdimensões: 4.1 Programas e Projetos Execução física e Execução financeira 4.2 Processos finalísticos Execução física e Execução financeira 4.3 Processos de Suporte Execução física e Execução financeira 4.4 Eficácia dos Processos de Suporte Quantidade e qualidade dos serviços, bens e valores entregues aos processos finalísticos 4.4.1 Quantidade / Volume 4.4.2 Qualidade do produto/serviço Durabilidade técnica, estética, Qualidade percebida (Percepção/Expectativa), Confiabilidade, Tempestividade, Inovação etc. 4.4.3 Acessibilidade e Equidade 4.4.4 Cobertura 4.4.5 Risco	Subdimensões: 4.1 Programas e Projetos Execução física e Execução financeira 4.2 Processos finalísticos Execução física e Execução financeira 4.3 Processos de Suporte Execução física e Execução financeira Exemplos de Indicadores: % de execução física do Projeto de criação do novo Portal da organização % de projetos com licença ambiental (unidade responsável por obter licenças ambientais para os projetos da organização)

Dimensão	Níveis				
	Macro Governo	Meso Setorial de política pública	Meso-micro Organizações em rede	Micro Organização	Nano Unidade
				Exemplos de Indicadores: Implantação das ações do Planejamento Estratégico Grau de confiabilidade das informações orçamentárias, financeiras e contábeis Índice de qualidade da proposta orçamentária Índice de qualidade da informação Grau de acesso público as informações de compras (editais, solicitações de propostas, outorgas de contrato) Percentual de contrato com nível de serviço contratualizado Grau de adequação ao marco legal e regulatório de compras públicas (conformidades detectadas) Percentual de avaliações prévias de riscos	

Fonte: Guia Referencial para Medição de Desempenho e Manual para Construção de Indicadores, 2009

Anexo II – Conceito Indicador Termodinâmico

Os indicadores de eficiência energética termodinâmicos são baseados nas leis da termodinâmica, sendo amplamente utilizados pois trata-se de um método quantitativo baseado por medidas únicas e objetivas em um determinado ambiente, por exemplo: temperatura, pressão, concentração, entre outros. Dessa forma esses indicadores são capazes de indicar a relação entre o processo real e o ideal quanto à necessidade do uso de energia.

A Primeira Lei da Termodinâmica é baseada no princípio da conservação de energia, onde a variação de energia interna de um sistema qualquer será igual a diferença entre o calor gerado pelo sistema ao meio ambiente e o trabalho realizado durante a transformação de energia.

Em sistemas isolados, a energia total inicial será a mesma energia ao final do processo, independente da forma que tal processo ocorreu, dessa forma, a energia total do sistema é função de estado e não função do caminho seguido pelo sistema para a chegar a esse estado.

Porém a utilização da Primeira Lei da Termodinâmica não fornece uma ideia de melhorias que podem ser realizadas em um determinado processo para obtenha um melhor desempenho, não sendo capaz de fornecer a qualidade da energia de entrada e de saída do sistema, tal lei apenas demonstra que a energia é conservada em um determinado processo isolado é a mesma energia gerada ao final deste mesmo.

A Segunda Lei da Termodinâmica parte do princípio de que as diferentes formas de energia têm qualidades que lhes são características. Essas formas de energia não podem ser indiferentemente convertidas umas nas outras e determina a direção em que essas transformações podem ocorrer em relação ao Universo (Abreu et al., 2010).

A qualidade da energia que lhe são características, são determinadas pela entropia que pode ser definida como sendo uma grandeza termodinâmica que mede a desordem das partículas de um sistema físico. Possuindo a característica de ser um processo espontâneo, ou seja, seguem princípios da natureza, sendo consideradas irreversíveis.

Neste contexto, esta segunda lei tem como base a definição do limite para os processos, representando a definição de eficiência termodinâmica e, assim,

permitindo que se tenha uma ideia das melhorias que podem ser realizadas, porém sua aplicação é restrita (PATTERSON, 1996). Correntes defendem o uso de indicadores termodinâmicos, tendo como base de cálculo a exergia. A xnergia é definida como o máximo trabalho teórico útil obtido quando um sistema é trazido ao equilíbrio termodinâmico com o ambiente por meio de processos nos quais este sistema interage somente com seu ambiente (TOXOPEUS et al., 2006).

Para Lizárraga (1987), existem três questões básicas na formulação da Segunda Lei da Termodinâmica: a) degradação da energia; b) sentido de evolução dos processos; c) critérios de equilíbrio e estabilidade. Ainda, pode-se citar outras consequências como a determinação do rendimento teórico máximo dos ciclos e máquinas térmicas, a avaliação quantitativa da degradação da energia provocada pela irreversibilidade, a definição de escala termodinâmica de temperatura e o desenvolvimento de meios para avaliação de propriedade, tais como: energia interna e entalpia. Estas se referem às propriedades que são mais rapidamente obtidas experimentalmente.

Segundo Patterson (1996), a Segunda Lei da Termodinâmica tem como base à definição do limite ideal dos processos que é um ponto importante para a teoria da conservação de energia. Tal lei dá uma definição de eficiência termodinâmica de 100% ou a unidade, permitindo que se tenha uma ideia das melhorias que podem ser realizadas pelos técnicos, porém sua aplicabilidade é restritiva ao mundo dos sistemas ideais.

Entretanto, esse indicador possui algumas limitações, a primeira limitação deste método é que assume perfeita reversibilidade, que é equivalente a assumir, reduzir os processos infinitesimalmente. Os processos no mundo real são realizados em um período de tempo finito. A segunda limitação do método “limite ideal” de definição de eficiência energética é que este não contabiliza as entradas de energias indiretas. No método de “limite ideal”, por não incluir a entrada de energias indiretas, o “problema da qualidade de energia” permanece e inevitavelmente terá a multiplicidade de diferentes tipos de energia que necessitam, de alguma maneira, de equivalência.

Anexo III – Conceito de Indicador Físico-Termodinâmico

São indicadores híbridos que utilizam grandezas termodinâmicas e físicas para mensurar o consumo requerido em função do seu uso final. A quantidade de energia requerida é expressa em unidades termodinâmicas, porém as saídas do processo serão expressas em unidades físicas, permitindo que estes indicadores sejam comparados e analisados em séries temporais.

A vantagem da utilização desse indicador é que, por ele ser uma medida física, o resultado obtido pode ser mensurado objetivamente, refletindo diretamente o que os consumidores exigem em termos de serviço de uso final.

O uso desse tipo indicador pode ser útil para identificar áreas de baixo desempenho de consumo de energia. Na indústria, para reduzir falhas na medição entre o consumo de energia e a medida física (produção), este indicador deve ser gerido para medir a eficiência energética geral do processo (PATTERSON, 1996).

Anexo IV- Conceito de Indicador Econômico-Termodinâmico

São indicadores também considerados híbridos, uma vez que possuem como referência a energia requerida em unidades termodinâmicas, e a valoração deste insumo, ou produto final, em unidades econômicas (valores monetários).

Na prática, no sentido de se atingir uma economia efetiva de energia na instalação, três fatores adicionais devem ser considerados (LOZANO et VALERO, 1993): (i) nem toda irreversibilidade pode ser evitada; (ii) as reduções locais na destruição de exergia não são equivalentes; (iii) as oportunidades de economia só podem ser especificadas através de um estudo mais detalhado dos mecanismos fundamentais da geração de entropia.

A Teoria do Custo Exergético contabiliza as eficiências e perdas exergéticas em cada um dos volumes de controle do sistema (equipamento, conjunto de equipamentos, ou junções e bifurcações), tendo como resultado o custo exergético de produção de cada um dos fluxos (portadores de energia). Outro aspecto deste método é que a medida do custo de um fluxo do sistema está representada pela exergia contida nele. Em uma análise do custo exergético, um custo é associado com cada fluxo de exergia.

Considerando os fluxos de matéria entrando e saindo com taxas associadas de transferência de exergia (B_s e B_e), potência (W), taxa de transferência de exergia associada com a transferência de calor (B_q), um componente que recebe uma transferência de calor e gera potência, como também as expressões de taxa de custo, tem-se:

$$[\sum(c_s B_s)k]_s + c_{w,k}W = c_{q,k}B_{q,k} + [\sum(c_e B_e)_k]_e + Z_k \quad (\text{eq. 1})$$

As taxas de exergia (B_s e B_e e B_q) saindo e entrando no k-ésimo componente, bem como a potência (W), são calculadas em uma análise exergética. O termo Z_k é obtido, primeiramente, calculando o investimento de capital associado com o k-ésimo componente e, então, computando os valores particionados destes custos por unidade de tempo de operação do sistema.