

**FACULDADE ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DE ENSINO SUPERIOR - ASCES**  
**ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MARINA RAMOS DOS SANTOS**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO CAMPUS II DA FACULDADE ASCES**

**CARUARU**

**2015**

**MARINA RAMOS DOS SANTOS**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO CAMPUS II DA FACULDADE ASCES**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado a Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental sob orientação da Prof.<sup>a</sup> MSc. Mariana Ferreira Martins Cardoso e coorientação da Prof.<sup>a</sup> DSc. Angela Maria Coelho de Andrade.

**CARUARU**

**2015**

**MARINA RAMOS DOS SANTOS**

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DO CAMPUS II DA FACULDADE ASCES**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado a Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de maio de 2015 com o Conceito Final de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

MSc. Mariana Ferreira Martins Cardoso

---

MSc. Luiz Gonzaga de Souza Cabral

---

DSc. Angela Maria Coelho de Andrade

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e aos Verdadeiros Pais pela vida e fé que deposito diariamente Neles.

Aos meus pais Helio Lima dos Santos e Eunice Ramos dos Santos, meus maiores exemplos, aos meus irmãos e todos familiares pelo apoio, dedicação e carinho intermináveis.

Ao meu esposo Alyson Bruno Bezerra de Oliveira, pelo amor, apoio, carinho e dedicação incondicionais para que chegássemos a mais essa vitória.

A minha orientadora Professora Mariana Ferreira Martins Cardoso e coorientadora Professora Angela Maria Coelho de Andrade, pela paciência, dedicação e tempo disponibilizado para correções e ajustes.

Ao professor examinador membro da banca Luiz Gonzaga de Souza Cabral, por aceitar dedicar momentos valiosos a este estudo e por toda contribuição dada durante minha formação.

A Sra. Ana Barbosa, pelo tempo e informações disponibilizados colaborando diretamente com o presente trabalho.

Ao Professor Urias Elmon e ao amigo Gustavo Silva pelas constantes colaborações e disponibilidade de tempo para o apoio no desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos os meus Professores, amigos e profissionais que colaboraram direta ou indiretamente para a minha formação profissional, em especial à Professora Rosa Asmus, Professora Luciana Ferreira, Professora Cláudia Cardoso, Professor Luiz Pimentel, Professor Deivson Sales e Professor Cláudio Oliveira.

E por último, porém não menos especiais, a todos os meus colegas, em especial à minha amiga Simone Centurion e sua família, às minhas amigas Aparecida Pontes e Morgana Freitas pela parceria constante e por sempre terem me apoiado quando precisei.

Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.

*Charles Chaplin*

## RESUMO

Muitos países têm desenvolvido programas de eficiência energética em setores de educação desde a década de 1970. Programas de Eficiência Energética trazem muitos benefícios onde são aplicados. Diminuem o custo com energia e colaboram com a mitigação dos efeitos danosos ao meio ambiente. Em um contexto mais amplo eles contribuem para a minimização de gases causadores do efeito estufa lançados à atmosfera e a necessidade de expansão do sistema de energia. Um programa de eficiência energética é bem-sucedido somente quando aplicado em todo o conjunto e acompanhado por monitoramento. No presente estudo, foram realizadas análises das faturas de energia elétrica, coletas de informações acerca dos usos e horários de procedimentos dos prédios, quantificação de lâmpadas, luminárias e reatores, bem como medições por luxímetro a fim de avaliar a iluminância das salas, conforme a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 coleta de informações acerca dos procedimentos de operação e manutenção dos sistemas de ar condicionado, e verificação das dimensões de acordo com o ambiente. Os resultados apresentam um atendimento parcial às normas de iluminância, bem como um uso exacerbado na potência dos condicionadores de ar, que provocam um acréscimo considerável nas faturas de energia elétrica, sendo facilmente mitigados através da implantação de um sistema de eficiência energética.

**Palavras-chave:** iluminância, climatização, uso racional, sustentabilidade.

## ABSTRACT

Many countries have developed energy efficiency programs in the education sector since the 1970s. Energy Efficiency Programs bring many benefits where they are applied. Reduce the cost of energy and collaborate with the mitigation of harmful effects to the environment. In a wider context they contribute to the minimization of gases causing the greenhouse released to the atmosphere and the need for expansion of the power system. An energy efficiency program is successful only when applied to the whole set and accompanied by monitoring. In this study, analyzes were conducted of electricity bills, information collected about the uses and times of procedures of the buildings, quantification of lamps, fixture and ballasts as well as measurements by light meter to evaluate the illuminance of the rooms, according to the standard ABNT NBR ISO / CIE 8995-1: 2013 gathering information on operating procedures and maintenance of air conditioning systems, and verification of dimensions according to the environment. The results showed a partial compliance with the rules of illuminance and an exaggerated use the power of air conditioners, causing a considerable increase in electricity bills, easily mitigated by implementing an energy efficiency system.

**Keywords:** illuminance, air conditioning, rational use, sustainability.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
3. HIPÓTESE .....	14
4. OBJETIVOS .....	15
4.1 Geral.....	15
4.2 Específicos .....	15
5. REVISÃO DE LITERATURA .....	16
5.1 Contexto da Problemática Energética .....	16
5.2 Componentes de Análise para Eficiência Energética.....	18
5.3 Oportunidades de Economia de Energia (OEEs) .....	19
5.3.1 Sistemas de comando .....	19
5.3.2 Remoção de lâmpadas.....	20
5.3.3 Reposicionamento de luminárias .....	20
5.3.4 Iluminação do plano de trabalho .....	20
5.4 Tecnologias de Climatização.....	21
5.4.1 Consumo do Condicionador de ar.....	21
5.4.2 Selo PROCEL .....	23
5.4.3 Climatização Natural .....	23
6. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	25
6.1 Tipo de Estudo .....	25
6.2 Período de Realização .....	26
6.3 População e Amostra .....	26
6.4 Instrumentos de Coleta de Dados e Medição.....	26
6.4.1. Questionário para a Responsável pelo Setor de Infraestrutura.....	27

6.5 Cenário de Estudo.....	27
6.6 Funcionamentos dos Prédios .....	28
6.6.1 Faturas de Energia Elétrica .....	28
6.6.2 Horários de Funcionamento .....	29
6.7 Sistemas de Iluminação .....	29
6.7.1 Quantificação e caracterização de lâmpadas e reatores.....	29
6.7.2 Medições por Luxímetro .....	30
6.8 Sistemas de climatização .....	33
6.8.1 Condições de Operação e Manutenção .....	33
6.8.2 Análise das dimensões de acordo com o ambiente .....	33
6.9 Proposições de Oportunidades de Economia Energética .....	34
7. RESULTADOS .....	35
7.1 Funcionamentos dos Prédios .....	35
7.1.1 Faturas de Energia Elétrica .....	35
7.1.2 Horários de Funcionamento .....	37
7.2 Sistemas de Iluminação .....	37
7.2.1 Quantificação e caracterização de lâmpadas e reatores.....	37
7.2.2 Medições por Luxímetro .....	39
7.2.2.1 Ambiente estudado: Laboratórios do subsolo .....	39
7.2.2.2 Ambiente estudado: Laboratórios do primeiro andar do prédio dos laboratórios.....	41
7.2.2.3 Ambiente estudado: Salas de aula do primeiro andar do prédio dos laboratórios.....	44
7.2.2.4 Ambiente estudado: Salas de aula do segundo andar do prédio dos laboratórios.....	46

7.2.2.5 Ambiente estudado: Salas de leitura da biblioteca .....	48
7.2.2.6 Ambiente estudado: Salas de aula do prédio de Educação Física.....	50
7.2.2.7 Ambiente estudado: Ginásio de Esportes do Campus II da Faculdade ASCES	
53	
7.3 Sistemas de climatização .....	55
7.3.1 Consumo de energia dos condicionadores de ar .....	56
7.3.2 Condições de operação e manutenção .....	57
7.3.3 Verificação das dimensões de acordo com o ambiente .....	57
7.4 Proposições de Oportunidades de Economia Energética (OEEs).....	58
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
9. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS .....	61
10. REFERÊNCIAS.....	62

## 1. INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento da humanidade trouxe como consequência o crescimento da demanda por geração e uso de energia e automaticamente o aumento das emissões de gases poluentes através de atividades industriais, meios de transportes e demais atividades (WALTER, 2007).

Esse comportamento provém do padrão de produção e consumo decorrentes dos últimos dois séculos, em que a prosperidade do mundo industrializado foi sustentada pelos combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás (WALISIEWICZ, 2008). A constante busca por fontes renováveis e alternativas de energia e o gerenciamento do consumo energético têm sido estratégias eficazes para minimizar impactos ambientais e reduzir custos.

Como afirma Walter (2007), a energia elétrica, assim como diversas outras formas de energia define o nível de desenvolvimento da sociedade. Vale ressaltar que a energia elétrica se tornou um insumo fundamental para o desenvolvimento econômico e social de uma sociedade, sendo esta um instrumento essencial para o proporcional crescimento dos índices de desenvolvimento e econômico.

Quando se trata da qualidade de vida, a sociedade tem se tornando cada vez mais exigente, desejando condições de conforto cada vez melhores, mesmo que isso obrigue a elevados consumos de energia, água e outros recursos. Nessa procura de satisfação individual a curto prazo, adota-se um comportamento consumista de bens e serviços que resulta no uso indevido de recursos, geração de resíduos e poluição.

O conceito de consciência com relação à problemática ambiental está cada vez mais influente nas pautas das discussões globais e internas de cada país (CEPINHA, 2007). A simples mudança de procedimentos e hábitos pode ser responsável por significativas reduções de perdas e consequente economia de gastos. Antagonicamente, um sistema produtivo com desperdícios e uso ineficiente ou irresponsável de energia compromete o alcance de uma estrutura de custos racionalizada e uma posição competitiva dentro do mercado.

Como observado por Cepinha (2007), esta contradição entre qualidade de vida atual e consciência ambiental demanda resposta por meio do progresso

tecnológico. Porém, embora a tecnologia possa auxiliar na resolução de alguns problemas ambientais, não existem milagres tecnológicos. Para tal será necessária uma profunda alteração de hábitos e condutas, bem como de paradigmas culturais associados à qualidade de vida.

Segundo Godoi e Oliveira Junior (2009), a coordenação racional entre oferta de energia e demanda (consumidores dos segmentos industrial, comercial e residencial) visando à economia de gastos, minimização de perdas e a qualidade do fornecimento é uma exigência mínima para a eficiência energética.

Tachizawa (2006) afirma que o sistema de produção e consumo atual é muito dependente de fontes finitas (fósseis), fazendo que os recursos naturais acabem prejudicados. Também enfatiza que a intensificação da atividade industrial traz como resultado um exacerbado consumo energético e consequentes impactos ambientais, forçando o governo, as pessoas e em especial as empresas a adotarem uma nova postura diante das questões energéticas.

Desta forma, observa-se que atualmente há uma crescente preocupação com o gerenciamento energético e ambiental. Neste cenário, as características do uso de energia e desempenho ambiental de edificações vêm mudando através dos anos; isto se deve a uma maior consciência quanto a custos, implicações legais, avanço tecnológico, bem como códigos e padrões das edificações.

Como destacado por Jannuzzi e Swisher (1997), a racionalização do uso de energia evitando seu desperdício através da eficiência energética é ressaltada dentre os atributos de uma edificação com alto desempenho ambiental, valendo ressaltar que a eficiência energética acaba tornando-se grande vantagem, pois os custos necessários para promovê-la geralmente são apenas uma pequena fração dos reais custos da produção de energia.

Neste cenário, observa-se que as instituições de ensino superior destacam-se no que concerne o ensino, a pesquisa e a extensão como uma nova perspectiva na busca por soluções, pelo fato de herdarem as mesmas dificuldades dos diversos setores à sua operação, além da mesma necessidade de infraestrutura básica. Desta forma, é possível introduzir nesses espaços a aplicabilidade de estratégias modelos e exemplos de melhores práticas direcionadas ao desenvolvimento sustentável (JULIATTO; CALVO; CARDOSO, 2011).

A ASCES, pioneira no ensino superior na região agreste do estado de Pernambuco, inicia uma frente de trabalhos de pesquisa, ensino e extensão

trazendo a pauta da sustentabilidade para o núcleo das discussões científicas. E para promover e auxiliar nas discussões e tomadas de decisão, o presente trabalho tem por objetivo realizar o diagnóstico energético da Faculdade ASCES – Campus II.

## **2. PROBLEMA DE PESQUISA**

Observa-se que, nos ambientes do Campus II da Faculdade ASCES (prédio dos laboratórios, Ginásio, Biblioteca e prédio da Educação Física), não existem meios de iluminação e ventilação natural. A ausência de janelas em salas de aula, a cobertura do Ginásio construída sem telhas de policarbonato que permitiriam a entrada da luz solar, bem como a arquitetura dos prédios que impedem a ventilação natural, exigem do Campus II da ASCES uma maior demanda energética, configurando um alto consumo de energia elétrica.

Com o alto fluxo de alunos e funcionários na instituição, em três turnos distintos, utilizando prioritariamente da energia elétrica para realização de suas funções, torna-se necessário verificar se a utilização da energia elétrica, sob forma de iluminação e ar condicionado, usos mais frequentes na Instituição ASCES, está sendo utilizada de forma racional e em consonância com os pilares do desenvolvimento sustentável. Para tanto, o desenvolvimento de um diagnóstico energético torna-se primordial na busca de melhores formas de utilização da energia elétrica.

### **3. HIPÓTESE**

Este trabalho utiliza uma hipótese indutiva sugerindo que no Campus II da Faculdade ASCES existem pontos de desperdício de energia elétrica, sob forma de iluminação e consumo de ar condicionado, e com a elaboração de um diagnóstico energético encontrará mecanismos de economia de energia contribuindo para uma melhor eficiência energética.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Geral**

Realizar o diagnóstico do consumo energético da Faculdade ASCES – Campus II, propondo medidas de aperfeiçoamento do desempenho energético.

### **4.2 Específicos**

- Identificar o consumo energético da iluminação e condicionadores de ar dos prédios dos laboratórios, de Educação Física, da Biblioteca e do Ginásio do Campus II da Faculdade ASCES;
- Propor ações de eficiência energética e medidas corretivas.

## 5. REVISÃO DE LITERATURA

### 5.1 Contexto da Problemática Energética

Desde tempos antigos até os dias atuais, pelo fato da energia elétrica chegar aos pontos de consumo final sob a forma visivelmente “limpa”, esta acaba transferindo ao consumidor mais desatento à ideia errônea de que ela não causa interferências no meio ambiente (DIAS, 1999).

Como observado por Godoi e Oliveira Junior (2009), fatores como o irrevogável crescimento populacional, a extensão geográfica contínua, e o crescimento desenfreado do comércio, indústrias e residências, resultam em uma energia final disponível cada vez menor em relação a inicial, suprida pela natureza. A energia de fonte primária ou secundária é indispensável para o funcionamento da cadeia de produção, desde a obtenção de embalagens e matérias – primas até a distribuição e logística dos bens produzidos, bem como na distribuição e tratamento dos resíduos consequentes.

O setor energético brasileiro possui um dispêndio muito considerável. Ele teve início com o advento da República, no final do século XIX (1934 – 1989). Foi caracterizado por uma estrutura com dois modelos de atuação: empresas municipais, para desenvolvimento da iluminação e transporte públicos, e grandes investidores internacionais, destacando-se a Light nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (TOLMASQUIM *et al*, 2002).

Como destacado por Marins (2010), em 1934 com o decreto do código de Águas (decreto nº 24.643/34), a União tornou-se responsável pela concessão e autorização de serviços de energia, o que anteriormente era realizado diretamente entre as empresas prestadoras e os estados e municípios. A partir daí, somente brasileiros ou empresas organizadas no Brasil poderiam prestar tais serviços. Pouco tempo depois, entre as décadas de 1950 e 1990, desenvolveram-se as grandes empresas públicas de energia como a Petrobrás e Eletrobrás, devido a conflitos com a iniciativa privada, acarretando na drástica diminuição da participação das empresas privadas e o processo decisório concentrou-se no nível federal, em detrimento de estados e municípios.

Durante os anos de 1990 a 2008 ocorre novamente a privatização do sistema elétrico. Esse período no Brasil foi marcado por um processo de desverticalização institucional e funcional, onde a geração de energia ainda mantém-se centralizada (Petrobrás) e a distribuição passa a ser de forma regional ou estadual. O Estado passa tais funções para a iniciativa privada mediante concessões e detém para si a função reguladora (MARINS, 2010).

A questão energética do Brasil atualmente mostra que o grande número de variáveis envolvidas no planejamento energético requer a existência de políticas energéticas complexas. A importância dessas políticas visando à eficiência energética é crescente, visto que o setor energético atual depende de investimentos privados. Portanto, o papel do governo cada vez mais se restringe ao gerenciamento da expansão, cabendo-lhe a tarefa de definir políticas de interesse da sociedade que nem sempre estariam entre as prioridades do setor privado (GOLDEMBERG, 2005).

De acordo com Russell (2005), a gestão energética baseia-se na combinação de ações diárias (mudança de comportamento/conduita) com ações específicas e implementadas em estágios, impulsionadas por metas previamente definidas.

O Sistema de Gestão Energética (SGE) pode ser entendido, de forma geral, como a otimização da contratação do uso de energia elétrica, sendo composta por ações administrativas (procedimentos internos, mudança de hábitos) e ações de caráter técnico, as quais são medidas de eficiência energética que atuam no sentido de redução do consumo (BATISTA, 2013).

No dia 15 de junho de 2011, a Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou a ABNT NBR ISO 50001:2011, Sistemas de Gestão da Energia: Requisitos com orientações para uso, em adoção à norma internacional de mesmo título, lançada no mês anterior. De acordo com a ABNT, esta norma tem o objetivo de orientar as organizações para que estas estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho de energia, incluindo eficiência, uso, consumo e intensidade da energia (ABNT, 2011).

Com relação à implantação da norma, para que esta seja bem-sucedida, fica dependente do compromisso de todos os níveis e funções da organização, especialmente da direção. O ponto focal desta norma é o denominado Sistema de Gestão de Energia (SGE), para o qual são especificados os requisitos (política de energia, objetivos, metas e planos de ação) legais e as informações relativas ao uso significativo de energia. (ABNT, 2011).

Como observado em estudos publicados pelo Guia de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias Empresas, Energia Brasil (2001), o controle e tratamento aliados ao uso inteligente e eficiente da energia elétrica geram repercussão positiva para a sociedade em geral. Cada setor se beneficia de maneira diferente e todos acabam por ter os recursos naturais tratados de forma adequada.

Desta forma, tem-se o sistema de gestão energética que tem por objetivo a aplicação de ações para redução nos custos de energia e aumento da eficiência energética das instalações, atuando indiretamente na redução dos impactos ambientais provenientes da expansão da rede elétrica, por meio da gestão sistemática da energia (ABNT, 2011).

As empresas que realmente são comprometidas com qualidade e melhoria contínua são as mais propensas à adoção de um sistema de gestão energética, tendo como consequência a maximização de resultados e disseminação de conhecimento pela empresa sobre o uso de energia. Evo (2007) destaca os benefícios no planejamento da gestão energética de uma empresa, garantindo que tal gestão está totalmente ligada a melhorias na qualidade e produtividade de suas operações, e a NBR ISO 50001:2011 auxilia na identificação destas potenciais melhorias.

## **5.2 Componentes de Análise para Eficiência Energética**

Como analisado por Krause (2002), informações importantes relacionadas ao fluxo de energia, aos setores que mais consomem e onde se verifica os mais possíveis pontos de melhoria são obtidas na revisão energética.

Outro fator muito importante são as faturas de energia elétrica. Como ressaltam Santos *et al.*, (2006), elas representam um conjunto de informações precisas sobre o uso e a conservação de energia, contendo dados capazes de subsidiar uma análise preliminar do desempenho do sistema, assim como a tomada de algumas decisões. Os dados históricos mensais são de grande importância para a execução do diagnóstico.

Diante dos estudos apresentados, como observado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL, 2005), melhores práticas para promover o uso final de energia elétrica nas empresas proporcionam: o melhor aproveitamento das instalações e equipamentos elétricos, com consequente melhoria na qualidade do

produto; redução do consumo energético e, conseqüentemente, aumento da produtividade, sem afetar a segurança e redução das despesas com eletricidade.

Segundo Santamouris *et al.* (2001), quando se tratando de edifícios, o planejamento das fachadas e coberturas, quando adequada às características climáticas locais, está diretamente relacionado com a eficiência energética. Devem ser consideradas a iluminação e ventilação naturais, cuidando também para que não haja influências negativas, como por exemplo a radiação solar excessiva.

Através de experimentos realizados em laboratório, Parker (2004) concluiu que coberturas isoladas termicamente ganham calor pela radiação solar incidente, podendo representar de 20 a 30% da demanda por resfriamento de uma edificação. Desta forma, recomenda-se que coberturas com elevados índices de cores claras (refletância) sejam utilizadas.

### **5.3 Oportunidades de Economia de Energia (OEEs)**

Como citado por Gomes (2009), zonas com níveis de iluminação muito elevados apresentam-se como uma das OEEs com potencial mais elevado. Muitos dos sistemas de iluminação existentes foram projetados para produzir níveis de iluminação superiores aos atualmente recomendados porque se acreditava que uma maior quantidade de luz facilitaria a realização de tarefas. Atualmente, é consensual que zonas com excesso de iluminação podem dificultar a realização de tarefas e provocar desconforto visual, tendo sido estabelecidos níveis de iluminação recomendados para cada área, de acordo com o tipo de tarefa realizada.

#### **5.3.1 Sistemas de comando**

A existência de um sistema de comando adequado permite reduções no consumo energético desligando as luzes quando estas não são necessárias. As áreas com ocupação menos frequente e áreas com potencial de utilização de luz natural surgem como as principais candidatas a instalação de sistemas de comando automáticos.

O quadro 01 caracteriza o potencial de redução de consumo através da utilização de detectores de movimento.

Quadro 01. Potencial de redução de consumos através da utilização de detectores de movimento.

<b>Tipo de área</b>	<b>Potencial de redução de consumo (%)</b>
Escritórios (privados)	25-50
Escritórios (partilhados)	20-25
Salas de convívio	30-75
Corredores	30-40
Áreas de armazenamento	45-65
Salas de reuniões	45-65
Salas de conferencia	45-65

Fonte: GOMES, 2009.

### **5.3.2 Remoção de lâmpadas**

Quando se pretende reduzir o nível de iluminação de uma determinada zona, a remoção de lâmpadas é geralmente a primeira opção a se considerar. Este procedimento não implica a compra de equipamento e permite uma redução do consumo de forma simples e eficaz. Após este processo deve verificar-se se os níveis de iluminação são os desejados. Após a remoção de lâmpadas deve verificar se os respectivos balastos foram também retirados, já que estes continuam a consumir energia mesmo que as lâmpadas não estejam ligadas.

### **5.3.3 Reposicionamento de luminárias**

Este procedimento pode estar associado ao anterior e está relacionado com o deslocamento das fontes de luz para a proximidade do plano de trabalho, onde a luz é realmente necessária.

### **5.3.4 Iluminação do plano de trabalho**

Recorrendo a iluminação localizada para o plano de trabalho e possível reduzir bastante os níveis de iluminância da área circundante, reduzindo os consumos e melhorando as condições laborais.

## 5.4 Tecnologias de Climatização

Os condicionadores de ar são equipamentos utilizados para refrigeração ou aquecimento de ambientes. Sendo o Brasil um país tropical, a função refrigeração é extensamente utilizada, sendo que muitos aparelhos só possuem essa função. Para realizar essa função de refrigeração, há um ciclo termodinâmico realizado, que resfria o fluido refrigerante, e este por sua vez resfria o ar que circula no ambiente (ELONKA, 1978).

Para o condicionador de ar realizar suas funções, na maioria dos casos, são utilizados dois motores elétricos: um para o compressor, responsável pela refrigeração, e um para o ventilador, responsável pela circulação de ar (ALTHOUSE, TURNQUIST E BRACCIANO, 2003).

Como afirma Riffel (2007), durante as últimas décadas, pesquisadores procuraram desenvolver tecnologias capazes de reduzir o consumo de energia ou mesmo o pico de consumo nas horas do rush, sem modificar a temperatura desejada ou, no caso do condicionador de ar, o conforto.

A maioria dos condicionadores de ar tem a sua capacidade classificada em Unidade de Calor Britânica (BTU). De forma geral, uma BTU é a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 0,45 kg de água em 0,56° C. Especificamente, 1 BTU é igual a 1,055 Joules. Em termos de aquecimento e refrigeração, uma tonelada de refrigeração equivale a 12 mil BTU (BATISTA, 2013).

### 5.4.1 Consumo do Condicionador de ar

Uma pesquisa da EPE (2010) aponta que 20% dos domicílios brasileiros possuíam condicionador de ar em 2010. Considerando o cenário social do referido ano, com 60,844 milhões de domicílios no país, pode-se calcular que havia mais de 12 milhões de condicionadores de ar instalados no Brasil. Por volta do ano 2000 o Brasil tinha uma base instalada com mais de 90% dos aparelhos sendo do tipo de janela. Em 2007 o quadro se inverteu, com 60% do mercado representado pelos splits e 40% por aparelhos de janela. Em 2007, o país superou a marca de 1,3 milhão de toneladas de refrigeração.

Segundo o Inmetro (2012), um condicionador de ar de 7.500 BTU/h, Classe A, possui um consumo de energia de aproximadamente 15,8 kWh/mês (Marca

Elgin/220V, considerando somente 01 hora de funcionamento por dia por mês). Assim, caso este mesmo aparelho funcionasse 8 horas por dia, seriam 126,4 kWh/mês. Considerando o valor médio do kWh de R\$ 0,50 (com impostos) (CEMAT, 2012), apenas um condicionador de ar tem o custo operacional com energia elétrica de R\$ 63,20.

De acordo com Tsutiya (2006), com o avanço da Eletrônica de Potência, as aplicações diversas dos *drivers* de controle de velocidade de motores elétricos de indução, e recentes pesquisas concluíram que a redução da velocidade de um motor elétrico proporciona maior economia de energia elétrica do que o controle on/off. Os *drivers* são mais conhecidos como inversores de frequência.

Em um condicionador de ar convencional, para controle da temperatura ambiente, realiza-se o controle *on/off* com motor do compressor através de um termostato. Condicionadores modernos possuem internamente um variador de velocidade do motor, são os chamados condicionadores de ar com *inverter* (TSUTIYA, 2006). Este sistema tem como principal característica adaptar a velocidade do compressor às condições ambientais de cada momento, ele possui um dispositivo interno que ajusta a frequência e o giro do motor, deixando-o sempre em funcionamento e executando seu trabalho gradualmente de acordo com a temperatura do ambiente.

A grande diferença entre o compressor inverter e o convencional, é que o convencional possui um controle de ciclo liga/desliga. O seu funcionamento consiste em frear o sistema quando for alcançada a especificação da temperatura e, posteriormente, voltar a funcionar quando o valor da temperatura já não seja mais a desejada, necessitando assim de uma força de arranque toda vez que for preciso equilibra-la, e isto proporciona o aumento do consumo de energia. Como o compressor inverter sempre está atuando, ele irá apresenta maior durabilidade já que o motor não será desgastado com o liga/desliga e as flutuações do sistema reduzem, evitando as oscilações na temperatura. Além de que este tipo de aparelho não precisa operar em sua máxima potência, com isto sua economia de energia em relação ao ar condicionado convencional apresenta uma redução expressiva.

De acordo com Tsutiya (2006), o sistema inverter apresenta um consumo energético 18,8% menor quando comparado ao sistema de refrigeração convencional.

Outra vantagem do sistema inverter é com relação ao impacto ambiental, pois ele usa o gás refrigerante R410, que é um gás ecológico e não nocivo à camada de ozônio. Enquanto que o ar convencional utiliza o gás R-22, que é um grande vilão para o aquecimento global. O sistema convencional emite aproximadamente 1.000 toneladas de CO<sub>2</sub> /ano a mais que o inverter (TSUTIYA, 2006).

#### **5.4.2 Selo PROCEL**

O Selo PROCEL é uma etiqueta que identifica os aparelhos eletrodomésticos mais econômicos, de acordo com a eficiência energética, medida pelo CEE (Coeficiente de Eficiência Energética). A classificação é dividida em A, B, C, D e E. Quanto maior o CEE, mais eficiente e econômico será o aparelho. Até 2010, o Selo abrangia 31 categorias, com a participação de 206 fabricantes e 3.778 modelos diferentes (INMETRO, 2012).

#### **5.4.3 Climatização Natural**

Conforme destacaram Nicol, Humphreys e Roaf (2012), o enfoque que tem sido dado aos projetos dos edifícios modernos está no conforto térmico com o uso de sistemas centrais de climatização, assumindo-se condições imutáveis que estão no padrão confortável de projeto, ao invés de serem entendidas como condições variáveis de projeto. Na busca desta integração da edificação e de seus sistemas, encontra-se a estratégia denominada modo misto ou uso misto de ventilação natural e climatização.

O modo misto ou uso misto de ventilação natural e sistema de climatização pode ser considerado como a possibilidade de controlar estes dois modos de fornecimento de ventilação para o ambiente (natural ou climatizada), de forma a garantir as condições de conforto térmico e de qualidade de ar de um ambiente ocupado. Este sistema usa uma combinação da ventilação natural proveniente de janelas com abertura controlável (de forma manual ou automática) com sistemas de climatização (BERKELEY, 2013).

No funcionamento do sistema de condicionamento do modo misto, a ventilação ocorre por meio dos átrios (9m<sup>2</sup> de aberturas por pavimento) e conforme os limites de temperatura: 5°C mínimo; 24°C a 26°C no máximo; e de umidade,

máxima de 60%. Fora destas condições, os sistemas de automação acionam a ventilação mecânica ou o sistema de climatização (MARCONDES, 2010).

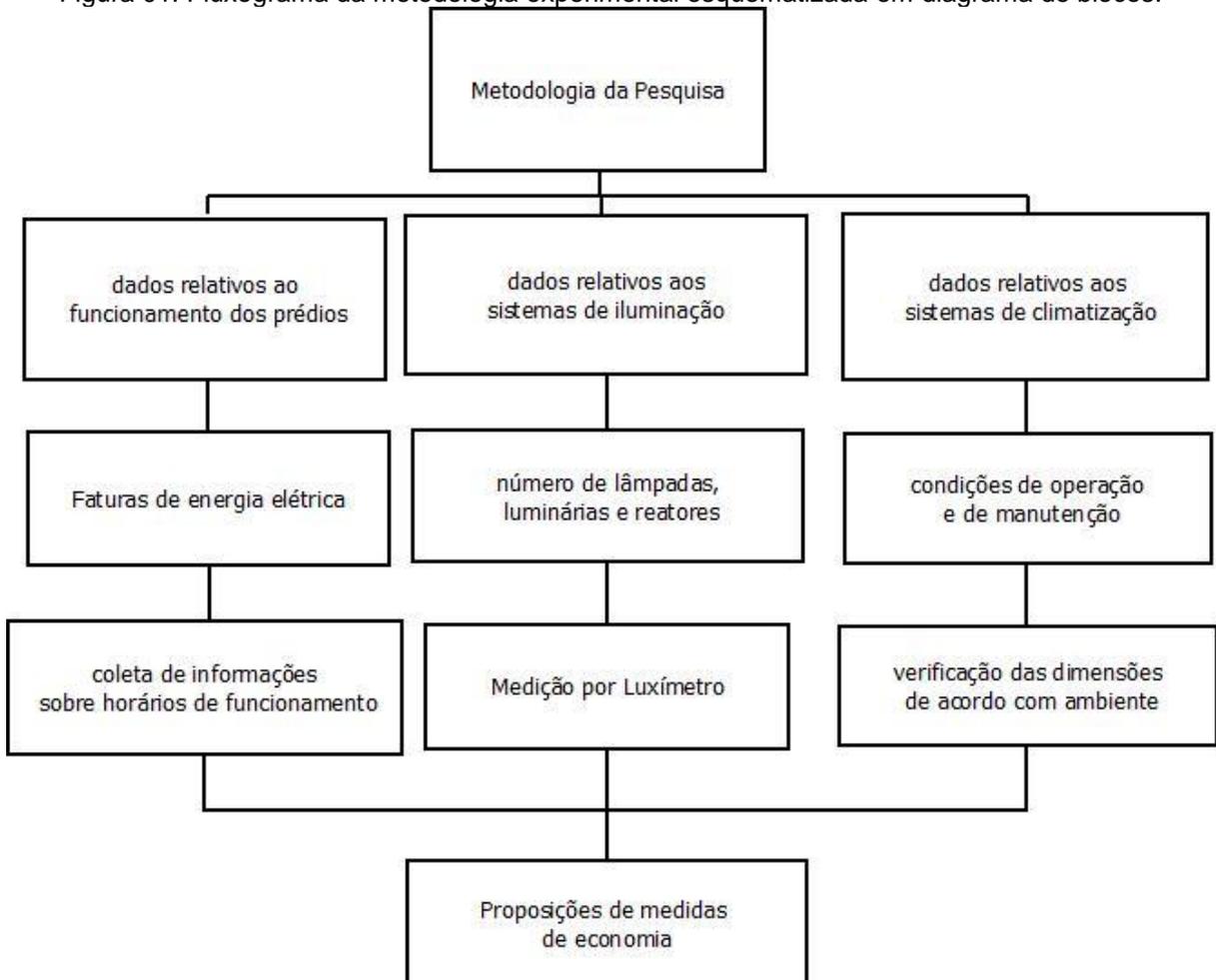
Frente aos benefícios apresentados, a implantação de um Programa de Gestão Energética exige que ocorram mudanças permanentes de hábitos e rotinas de trabalho, sendo necessária uma mudança de paradigma ou, em muitos casos, de cultura, o que, na maioria das vezes, é uma dificuldade a ser vencida, em virtude da resistência natural que as coletividades oferecem a propostas desse tipo. Torna-se, então, importante e necessário o engajamento de todo o corpo funcional, técnico e administrativo, na busca de um objetivo comum, mediante um trabalho conjunto (ELETROBRÁS, 2005).

## 6. MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

A metodologia empregada nesta pesquisa foi baseada no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL (2010) e ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. No presente estudo, foram priorizadas a avaliação das faturas de energia elétrica e o consumo de energia por iluminação e ar condicionado através das atividades descritas nos itens a seguir e visualizadas pelo fluxograma construído pela autora, conforme Figura 01.

Os focos do trabalho são os sistemas de iluminação e de climatização, uma vez que estes são os maiores consumidores de energia dentro de um sistema energético de instituição de ensino.

Figura 01. Fluxograma da metodologia experimental esquematizada em diagrama de blocos.



Fonte: da autora.

### 6.1 Tipo de Estudo

Esta pesquisa é classificada como uma pesquisa de campo, descritiva, com observações no local de estudo e composta de pesquisa bibliográfica e documental

e quanto aos procedimentos, uma pesquisa de cunho qualitativo e quantitativo, no que diz respeito ao consumo de energia elétrica no Campus II da Faculdade ASCES.

## **6.2 Período de Realização**

A pesquisa foi realizada entre os meses de Dezembro de 2014 a Junho de 2015, sendo que a coleta de dados foi realizada nos meses de Dezembro de 2014 a Abril de 2015.

## **6.3 População e Amostra**

No primeiro momento, foi realizado um levantamento de informações, nos prédios dos Laboratórios, Ginásio, Biblioteca e prédio da Educação Física, do qual participaram funcionários da instituição responsáveis por manutenção no sistema elétrico e manutenção do campus. Estes por sua vez foram entrevistados por intermédio de entrevista semiestruturada. E finalmente foi realizada também uma entrevista semiestruturada com a coordenadora de Infraestrutura da Instituição ASCES.

## **6.4 Instrumentos de Coleta de Dados e Medição**

Para se obter dados relativos à iluminação, foi utilizado o medidor de Intensidade Luminosa (Luxímetro modelo LD – 520 Icel), que permite medir os níveis de iluminância de uma área. Estes foram posteriormente comparados com os níveis de iluminância recomendados para o tipo de área onde foi realizada a medição, além da Trena Digital Multi Funcional (TES015 Bosch) para medir as dimensões das paredes, tetos, janelas e distâncias entre os equipamentos, como observado na Figura 02.

Figura 02. Luxímetro e trena digital.



Fonte: da autora.

#### 6.4.1. Questionário para a Responsável pelo Setor de Infraestrutura

O questionário visou recolher informações e documentos acerca das estruturas já existentes, bem como as ideias e propostas de readequação das atuais estruturas e das novas que estão previstas, além de verificar a existência de alguma inconformidade.

#### 6.5 Cenário de Estudo

Dentro dos limites da organização, o diagnóstico energético foi realizado considerando os usos de energia em quatro grandes áreas do Campus II da Faculdade ASCES: Prédio dos Laboratórios, Ginásio, Biblioteca e prédio de Educação Física como observado na Figura 03, uma vez que o Campus II da Faculdade ASCES detém apenas de único medidor de energia elétrica para todas as áreas do Campus, não é possível desmembrar a área de estudo, exigindo que o estudo seja realizado em todos os sistemas prediais do Campus II.

Figura 03. Campus II da Faculdade ASCES: 1 – portaria; 2 – prédio da Educação Física; 3 – piscina; 4 – biblioteca; 5 – ginásio de esportes; 6 – prédio dos laboratórios; 7 – refeitório.



Fonte: Google Earth. Adaptado.

## 6.6 Funcionamentos dos Prédios

Os Prédios do Campus II da Faculdade ASCES dividem-se da seguinte maneira: Prédio da Educação Física, onde funcionam salas de aula, secretarias, coordenações, academia e salas de aulas práticas; a piscina; a biblioteca, onde funcionam laboratórios de computação; o ginásio de esportes; o Prédio dos Laboratórios, onde funcionam também salas de aula de diversos cursos e o refeitório universitário.

### 6.6.1 Faturas de Energia Elétrica

Foram coletadas e analisadas as contas de energia dos 12 últimos meses (fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015) para comparação e quantificação do consumo, que forneceram informações que subsidiarão a identificação dos períodos com maior consumo de energia.

## 6.6.2 Horários de Funcionamento

Baseado em pesquisas realizadas com a responsável pelo setor de infraestrutura, verificou-se que não é possível haver um controle do total de horas de funcionamento dos sistemas de climatização e iluminação, frente à utilização frequente dos ambientes.

Assim, foi estimado, partindo da observação dos técnicos e funcionários da infraestrutura, que as salas de aula, laboratórios e biblioteca apresentam funcionamento durante os três turnos do dia (doze horas) e o ginásio de esportes funcionam durante dois turnos (oito horas), sendo considerado para o ginásio de esportes ao menos um dos turnos como noturno, como pode ser observado na Tabela 01.

Tabela 01. Horários de expediente dos ambientes estudados.

<b>Área de estudo</b>	<b>Manhã (08:00h as 12:00h)</b>	<b>Tarde (14:00h as 18:00h)</b>	<b>Noite (18:00 as 22:00)</b>
Salas de aula	X	X	X
Laboratórios	X	X	X
Biblioteca	X	X	X
Ginásio de esportes		X	X

Fonte: da autora.

Esses horários serviram para quantificar o percentual de consumo dos sistemas de climatização e iluminação.

## 6.7 Sistemas de Iluminação

### 6.7.1 Quantificação e caracterização de lâmpadas e reatores

Na iluminação predial existe normalmente um elevado potencial de economia de eletricidade. Para o atendimento das necessidades de iluminação existe uma

relação correta entre a quantidade e a qualidade da luz necessária, a fonte de luz a ser utilizada, a tarefa visual a ser executada, a produtividade exigida e as condições de segurança da instalação.

Em consequência, torna-se necessário analisar a quantidade e o tipo de iluminação adequados à natureza da utilização de cada ambiente. Este estudo obedece às normas brasileiras, em especial a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. A nova norma da ABNT trata da iluminação de ambientes de trabalho (interior) e agora se torna parâmetro para aplicação técnica em projetos e padrão de avaliação de iluminância nos ambientes ocupacionais sendo prescindível sua presença no referido estudo.

### **6.7.2 Medições por Luxímetro**

Foram medidas as dimensões e intensidades luminosas nos períodos diurno e noturno dos seguintes ambientes de trabalho: Laboratórios do subsolo, laboratórios do primeiro andar, além das salas de aula (primeiro e segundo andares) do prédio dos Laboratórios, salas de leitura da biblioteca, salas de aula do prédio da Educação Física e Ginásio de esportes.

Procedeu-se a classificação de cada área e medição dos respectivos níveis de iluminação. Este procedimento permitiu a comparação dos níveis de iluminação existentes com aqueles recomendados.

Foram escolhidos cinco pontos (quatro extremidades do ambiente e centro) para medição nas salas de aula, laboratórios, biblioteca e ginásio, sendo a medição feita a partir do plano de trabalho (mesa ou bancada) presente nas salas ou laboratórios.

Com o auxílio da trena digital foi possível local os pontos, ou seja, registrar as distâncias dos mesmos até as paredes, do plano de estudo até as lâmpadas, e até o chão, como se tratasse de um plano cartesiano, conforme mostrado na Figura 04.

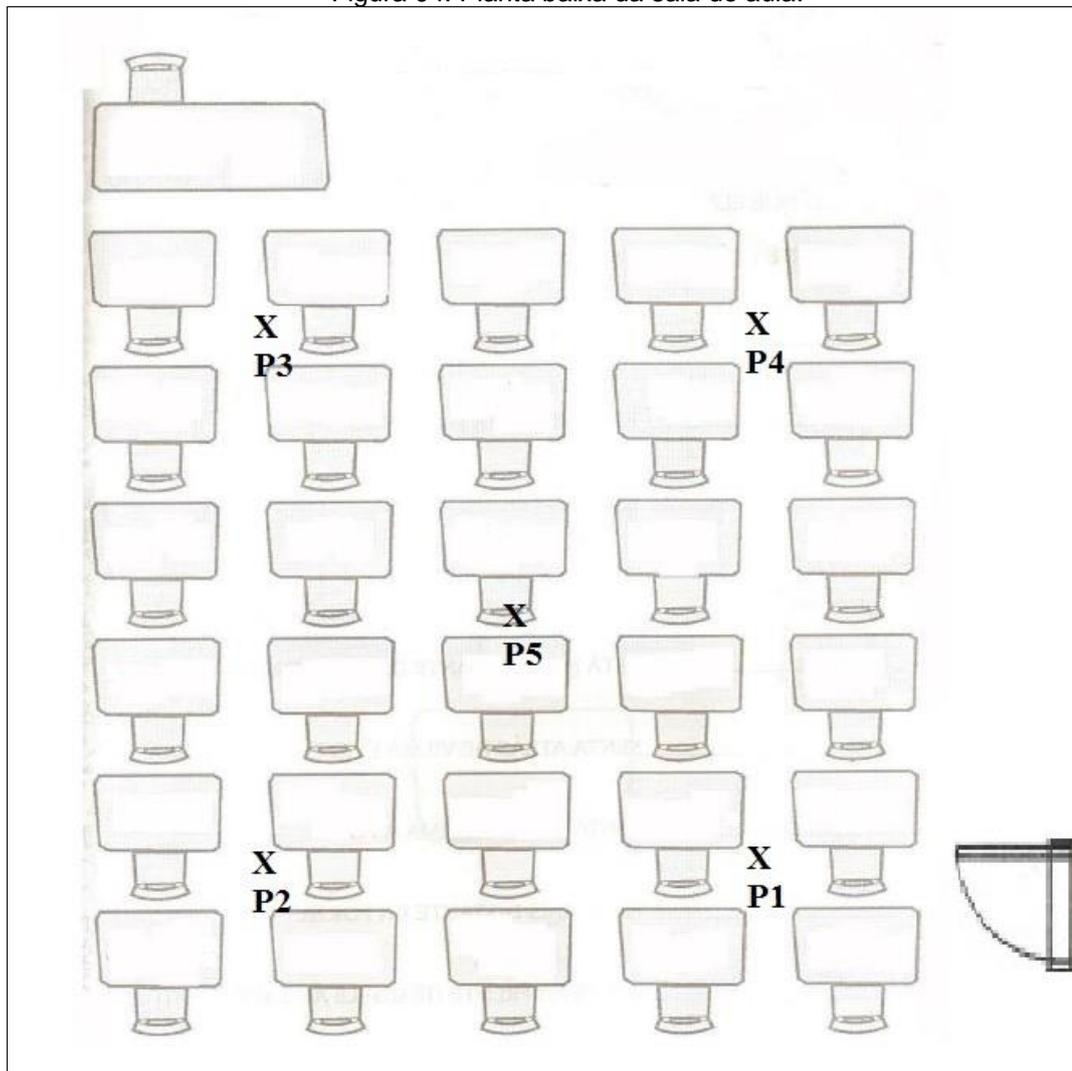
Depois de anotadas as distâncias, foi realizada a medida da iluminância dos pontos escolhidos com o auxílio do Luxímetro, cuja unidade de medida está em lux. Lembrando que a localização das luminárias existentes na sala de aula, também foram medidas a fim de se obter uma melhor descrição do local.

As intensidades luminosas dos ambientes de trabalho foram medidas nos períodos diurno e noturno, uma vez que a iluminação natural pode colaborar diretamente com a economia e eficiência energética.

Destaca-se que a Figura 04 apresenta-se como um dos vários ambientes estudados, sendo este um modelo de amostragem para melhor entendimento de como foram escolhidos os cinco pontos, uma vez que estes apresentam diferentes medições e, conseqüentemente, diferentes números de luminárias, de acordo com a necessidade de cada ambiente.

Dessa forma, realizaram as médias das intensidades luminosas dos laboratórios do subsolo, salas de aula do segundo andar dos prédios dos Laboratórios, média para as salas de aula do terceiro andar do prédio dos Laboratórios, para as salas de aula do prédio de Educação Física, média para as salas da biblioteca e as medidas do ginásio, compilado em dois quadros de medidas para cada um dos ambientes citados (diurno e noturno), como pode ser observado nos resultados.

Figura 04. Planta baixa da sala de aula.



Fonte: da autora.

Como citado na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, em condições normais de iluminação, aproximadamente 20 lux de iluminância é exigida para diferenciar as características da face humana, e é o menor valor considerado para a escala das iluminâncias. A escala recomendada de iluminâncias é: (20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000) lux.

De acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, para ambientes do tipo laboratórios, a iluminância deve ser mantida por volta de 500 lux; áreas de leitura de bibliotecas 500 lux; salas de aula 300 lux; salas de aula noturnas 500 lux e ginásios 300 lux, como pode ser observado no Quadro 02.

A iluminância média para cada tarefa não convém estar abaixo dos valores estabelecidos independentemente da idade e condições da instalação.

Quadro 02. Especificações de iluminância.

<b>Área de trabalho</b>	<b>Iluminância média (lux)</b>
Laboratórios	500,00
Áreas de leitura de bibliotecas	500,00
Salas de aula	300,00
Salas de aula noturnas	500,00
Ginásio de esportes	300,00

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível sendo que a uniformidade da iluminância é razão entre o valor mínimo e o valor médio, sendo o valor ideal maior ou igual a 0,70 nos ambientes de trabalho.

## **6.8 Sistemas de climatização**

Para se diagnosticar consumo de eletricidade no sistema de ar condicionado, foram realizadas as atividades a seguir:

### **6.8.1 Condições de Operação e Manutenção**

Através de questionário e entrevista semiestruturada foi levantado quais os procedimentos de operação e manutenção dos equipamentos instalados.

### **6.8.2 Análise das dimensões de acordo com o ambiente**

Verificação do ambiente instalado, levando em consideração a incidência de raios solares no ambiente climatizado, possíveis obstruções de circulação de ar, janelas e portas quebradas ou fora de alinhamento e fugas de ar.

Foram realizadas medições em salas de aula, laboratórios, assim como da biblioteca e ginásio, com o intuito de coletar informações necessárias para a caracterização e verificação da conformidade da iluminação e climatização dos ambientes.

As atividades de vistoria e inspeção de Equipamentos foram realizadas nos períodos matutino, vespertino e noturno, dentro do horário de funcionamento do prédio, entre os meses de fevereiro a abril de 2015, no Campus II da Faculdade ASCES.

### **6.9 Proposições de Oportunidades de Economia Energética**

Observações sobre as características de cada ambiente de trabalho dos prédios foram realizadas, para que se possam definir os melhores ajustes, quanto aos aspectos de iluminação e climatização dos mesmos. A proposta visou classificar os ambientes conforme suas características construtivas, como: cor do piso, cor do teto, cor da parede e existência de janelas, para que posteriormente sejam identificadas possibilidades de melhoria.

Segundo Ferreira (1994), tais aspectos interferem diretamente na iluminação ou na climatização do ambiente, e conseqüentemente são variáveis que afetam o consumo de energia.

## 7. RESULTADOS

Buscou-se através deste estudo encontrar mecanismos de economia de energia contribuindo para uma melhor eficiência energética, através da proposição de medidas de aperfeiçoamento do consumo energético da iluminação e condicionadores de ar dos prédios dos laboratórios, de Educação Física, da Biblioteca e do Ginásio do Campus II da Faculdade ASCES.

### 7.1 Funcionamentos dos Prédios

Baseado em pesquisas aplicadas a responsável pela infraestrutura, ressaltase que não é possível haver um controle exato das horas de funcionamento das áreas de estudo/trabalho do Campus em questão, uma vez que a solicitação de uso das salas/laboratórios ocorre de maneira frequente, tanto por alunos quanto por funcionários.

Dessa forma, para que sejam efetuados os cálculos de consumo, estimou-se que a distribuição de horas de utilização por dia dos ambientes estudados pode ser dividido da seguinte maneira:

Quadro 03. Quantidade de horas utilizadas/dia das áreas de trabalho do Campus II da Faculdade ASCES.

<b>Área de trabalho</b>	<b>Horas utilizadas/dia</b>
Salas de aula	12
Laboratórios	12
Biblioteca	12
Ginásio de esportes	08

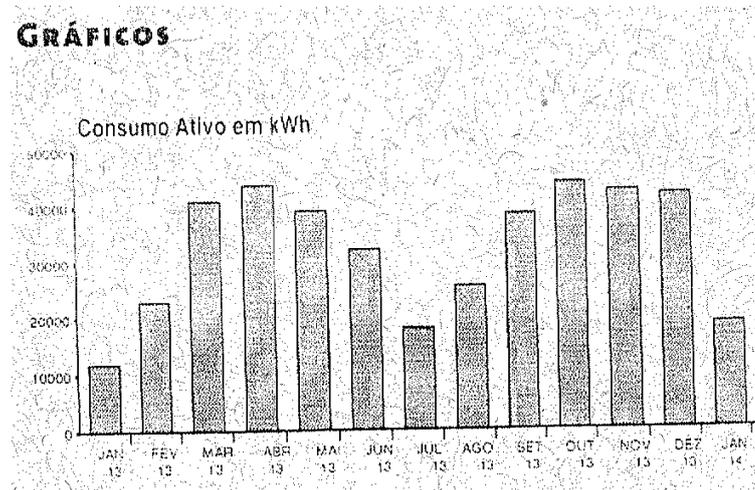
Fonte: da autora.

#### 7.1.1 Faturas de Energia Elétrica

Foram fornecidas pelo setor de infraestrutura da Faculdade ASCES as cópias das faturas de energia elétrica dos meses de fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015.

Através da análise das faturas de energia elétrica, observou-se que os meses de pico são abril e outubro e os meses de menor consumo são janeiro e julho, como pode ser observado na Figura 05.

Figura 05. Consumo ativo em kWh do Campus II da Faculdade ACES.



Fonte: Cópia da conta de energia elétrica de 17/02/2014. Adaptado.

De acordo com dados da Celpe (2013), o horário de ponta é o período definido pela concessionária e composto por três horas diárias consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, “Corpus Christi” e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. Conforme a área e conveniência da unidade consumidora, os horários de ponta podem ser das 17:00 às 20:00h, das 17:30 às 20:30 ou das 18:00 às 21:00h.

Para o caso do Campus II da Faculdade ASCES, como observado na conta de energia elétrica, o consumo ativo na ponta sofre uma cobrança de R\$ 1,58 por kWh utilizado. Já o consumo ativo fora da ponta sofre uma cobrança de R\$ 0,28 por kWh utilizado.

Como o presente trabalho tem por objetivo identificar o consumo em horários de utilização do prédio, os meses de janeiro e julho não foram considerados no percentual de uso utilizado para discriminar os gastos com lâmpadas e climatização.

### 7.1.2 Horários de Funcionamento

Os horários de expediente dos ambientes estudados são explicitados na Tabela 01 do item 6.6.2, para os meses de utilização mais constante dos ambientes estudados do Campus II da Faculdade ASCES.

## 7.2 Sistemas de Iluminação

Através de entrevista semiestruturada, foram levantados o quantitativo e caracterização de lâmpadas, luminárias e reatores presentes no Campus II da Faculdade ASCES.

### 7.2.1 Quantificação e caracterização de lâmpadas e reatores

Em levantamento realizado pelo setor de infraestrutura da Faculdade ASCES no ano de 2014, foram identificadas 900 lâmpadas em todo o Campus II, sendo que as salas de aula apresentam 06 luminárias, 06 reatores e 12 lâmpadas em sua grande maioria. Exceção para as salas de menor dimensão, as quais apresentam 08 lâmpadas divididas em 04 luminárias e 04 reatores, de acordo com a necessidade de cada ambiente estudado. Dessa forma, consideraram-se 450 luminárias e 450 reatores. As potências das lâmpadas e reatores adquiridos pela Faculdade ASCES é 32W.

Como afirmado por Reis (2000), o consumo das luminárias = consumo das lâmpadas + consumo dos reatores.

Para que se conheça o consumo das lâmpadas, considera-se o seguinte cálculo:

$$\text{Consumo da lâmpada} = \frac{\text{Numero das luminárias} \times 2 \times \text{Potencia (W)} \times \text{horas utilizadas por dia} \times \text{dias utilizados no mês}}{1000} \text{ kWh/mês} \quad (1)$$

Para que se conheça o consumo dos reatores, utiliza-se da mesma linha de raciocínio:

$$\text{Consumo dos reatores} = \frac{\text{Numero de reatores} \times \text{Potencia (W)} \times \text{horas utilizadas por dia} \times \text{dias utilizados no mês}}{1000} \text{ kWh/mês} \quad (2)$$

Para que se saiba o custo do consumo, utiliza-se o seguinte raciocínio:

$$\text{Custo do consumo} = (\text{Consumo das luminárias}) \times (\text{taxa em R\$ cobrado por kWh utilizado}) \quad (3)$$

Desta forma, pode-se observar o consumo das lâmpadas e reatores das salas de aula do Campus II da Faculdade ASCES, considerando-se o uso das mesmas de segunda a sábado:

$$\text{consumo das lâmpadas} = \frac{(450 \times 2 \times 32 \times 12 \times 24)}{1000} = 8298,40 \text{ kWh/mês}$$

$$\text{consumo dos reatores} = \frac{(450 \times 32 \times 12 \times 24)}{1000} = 4147,20 \text{ kWh/mês}$$

Como o consumo das luminárias = consumo das lâmpadas + consumo dos reatores, observa-se que o consumo total das luminárias do Campus II da Faculdade ASCES é 12445,60 kWh/mês.

Taxa de custo utilizada para calculo:  $[(0,28 \times 21) + (1,58 \times 3)] / 24 = \text{R\$ } 0,44$  por kWh utilizado. Logo,

**Custo do consumo médio mensal das luminárias = 12445,60 x 0,44 = R\$ 5476,06.**

Este valor representa **21,14%** da média dos valores totais das faturas de energia elétrica dos meses de utilização dos prédios do Campus II da Faculdade ASCES.

## **7.2.2 Medições por Luxímetro**

### **7.2.2.1 Ambiente estudado: Laboratórios do subsolo**

Os laboratórios do subsolo foram analisados nos períodos diurno e noturno. Todos os laboratórios apresentam o mesmo padrão construtivo.

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas, balcão) foi 1,52 m, sendo 1,45 m a distância mínima e 1,58 a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre o balcão e o chão de 0,75 m, distância máxima de 1,05 m do chão e uma média de 0,96.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 0,81 m e a máxima 1,89 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

Os referidos laboratórios possuem janelas de vidro (duas ou três de acordo com a necessidade pela dimensão) de (1,33 x 1,33) m, que não sofrem influência considerável da luz natural, uma vez que esta é interrompida pela presença de uma parede logo após a janela, dando acesso a um corredor, exigindo que todas as luzes sejam acesas no momento de uso do laboratório em questão.

Desta forma, vale ressaltar que as medidas de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas próximas, como pode ser observado nos Quadros 04 e 05.

Destaca-se que as áreas de trabalho em questão possuem lâmpadas fluorescentes modelo Osram F032W/ 840, com refletores metálicos laterais, o que colabora consideravelmente com a uniformidade da iluminância da sala e economia de energia (menos lâmpadas) como pode ser observado na Figura 06.

Figura 06. Lâmpadas fluorescentes com refletores metálicos laterais.



Fonte: da autora.

As médias de iluminância dos pontos aleatórios dos laboratórios do subsolo encontram-se distribuídos de acordo com o Quadro 04:

Quadro 04. Resultados laboratórios do subsolo no período vespertino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	612,20
Ponto 02	443,30
Ponto 03	404,50
Ponto 04	472,00
Ponto 05	637,70
<b>MÉDIA</b>	<b>513,94</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância (razão entre o valor mínimo e o valor médio): 0,79.

Quadro 05. Resultados laboratórios do subsolo no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	615,25
Ponto 02	441,54
Ponto 03	405,02
Ponto 04	471,45
Ponto 05	637,60
<b>MÉDIA</b>	<b>514,17</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,79.

A partir da análise dos resultados medidos, uma vez que, para laboratórios, a iluminância mantida não deve ser inferior a 500 lux e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que os laboratórios do subsolo do campus II da Faculdade ACES atendem aos pré-requisitos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

#### **7.2.2.2 Ambiente estudado: Laboratórios do primeiro andar do prédio dos laboratórios**

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas, balcão) foi 1,75 m, sendo 1,39 m a distância mínima e 1,62 a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre o balcão e o chão de 0,75 m, distância máxima de 1,10 m do chão e uma média de 0,81.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 1,83 m e a máxima 1,90 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

Os referidos laboratórios possuem duas ou três janelas de vidro (de acordo com a necessidade pela dimensão) de (1,33 x 1,33) m, que não sofrem influência considerável da luz natural, uma vez que esta é interrompida pela presença de uma parede logo após a janela (Figura 07), dando acesso a um corredor, exigindo que todas as luzes sejam acesas no momento de uso do laboratório em questão, como observado nos laboratórios do subsolo. Desta forma, vale ressaltar que as medidas

de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas praticamente iguais, como pode ser observado nos Quadros 06 e 07.

Figura 07. Janela do laboratório interdisciplinar de Física/ Engenharia Ambiental.



Fonte: da autora.

As áreas de trabalho em questão possuem lâmpadas fluorescentes modelo Osram F032W/ 840, com refletores metálicos laterais, o que colabora consideravelmente com a uniformidade da iluminância da sala e economia de energia como pode ser observado na Figura 08.

Figura 08. Luminária com refletores laterais do laboratório interdisciplinar de Física/ Engenharia Ambiental.



Fonte: da autora.

As médias de iluminância dos pontos aleatórios dos laboratórios do primeiro andar encontram-se distribuídos de acordo com os Quadros 06 e 07:

Quadro 06. Resultados laboratórios do primeiro andar no período matutino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	423,51
Ponto 02	286,07
Ponto 03	449,40
Ponto 04	470,09
Ponto 05	439,45
<b>MÉDIA</b>	<b>413,70</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,69.

Quadro 07. Resultados laboratórios do primeiro andar no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	425,04
Ponto 02	284,02
Ponto 03	452,45
Ponto 04	481,02
Ponto 05	432,75
<b>MÉDIA</b>	<b>415,06</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,68.

A partir da análise dos resultados medidos, uma vez que, para laboratórios, a iluminância mantida não deve ser inferior a 500 lux e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que os laboratórios do primeiro andar do prédio dos laboratórios do campus II da Faculdade ASCES não atendem aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Possivelmente, a possibilidade de entrada de luz natural através da instalação de janelas de vidro e remoção da parede que pode ser observada na Figura 07, supriria a necessidade de ampliação da iluminância.

### 7.2.2.3 Ambiente estudado: Salas de aula do primeiro andar do prédio dos laboratórios

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas) foi 1,81 m, sendo 1,79 m a distância mínima e 1,82 a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre as mesas e o chão de 0,74 m, distância máxima de 0,80 m do chão e uma média de 0,77.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 1,15 m e a máxima 1,85 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

As salas de aula não possuem janelas, o que faz com que a influência da luz natural seja nula durante o dia, exigindo que todas as luzes sejam acesas no momento de uso da sala. Desta forma, vale ressaltar que as medidas de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas muito próximas, como pode ser observado nos Quadros 08 e 09.

As áreas de trabalho em questão possuem lâmpadas fluorescentes modelo Osram F032W/840, com refletores metálicos laterais, o que colabora consideravelmente com a uniformidade da iluminância da sala e economia de energia (menos lâmpadas) como pode ser observado na Figura 06.

Quadro 08. Resultados salas de aula do primeiro andar no período matutino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	933,45
Ponto 02	420,85
Ponto 03	574,21
Ponto 04	612,36
Ponto 05	743,12
<b>MÉDIA</b>	<b>656,79</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,64.

Quadro 09. Resultados salas de aula do primeiro andar no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	920,12
Ponto 02	424,20
Ponto 03	567,52
Ponto 04	615,47
Ponto 05	722,14
<b>MÉDIA</b>	<b>649,89</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,65.

A partir da análise dos resultados medidos, uma vez que, para salas de aula, a iluminância mantida não deve ser inferior a 300 lux e 500 lux para o período noturno e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que as salas de aula do primeiro andar do prédio dos laboratórios do campus II da Faculdade ACES atendem parcialmente aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, pois, apesar de apresentar uma média de iluminância bastante superior aos requisitos mínimos, a uniformidade de iluminância encontra-se abaixo do fator mínimo. Isso pode ser explicado pelo fato da média apresentada no ponto 01, localizado logo abaixo da lâmpada, apresentar uma iluminância muito alta quando comparado aos outros pontos das salas.

Possivelmente, uma menor quantidade de lâmpadas melhores distribuídas de acordo com o espaço disponível, providas de refletores laterais alcançaria os requisitos mínimos solicitados e os refletores laterais permitiriam uma melhor uniformidade de iluminância, atendendo aos requisitos mínimos e diminuindo o consumo de energia.

#### **7.2.2.4 Ambiente estudado: Salas de aula do segundo andar do prédio dos laboratórios**

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas) foi 1,80 m, sendo 1,77 m a distância mínima e 1,83 a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre as mesas e o chão de 0,72 m, distância máxima de 0,80 m do chão e uma média de 0,76.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 1,25 m e a máxima 1,95 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

As salas de aula do lado direito do corredor, sentido para a direita, possuem a parede direita de blocos de concreto furados, revestidos por um material, na maioria das vezes, de coloração escura, impedindo a passagem de ar e a entrada de luz natural na sala, exigindo que todas as luzes sejam acesas em todos os momentos de uso do da sala.

As salas de aula do lado esquerdo do corredor, sentido para a direita, possuem 3 pequenas janelas de vidro cada, localizadas no alto da parede, que não colaboram com a entrada de luz natural, uma vez que logo após as mesmas existe uma parede de material escuro, exigindo também a necessidade de utilização de todas as lâmpadas em qualquer horário do dia.

Desta forma, vale ressaltar que as medidas de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas muito próximas, como pode ser observado nos Quadros 10 e 11.

Quadro 10. Resultados salas de aula do segundo andar no período matutino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	385,23
Ponto 02	472,45
Ponto 03	369,85
Ponto 04	639,32
Ponto 05	770,00
<b>MÉDIA</b>	<b>527,37</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,70.

Quadro 11. Resultados salas de aula do segundo andar no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	379,50
Ponto 02	472,75
Ponto 03	373,32
Ponto 04	642,00
Ponto 05	770,90
<b>MÉDIA</b>	<b>527,70</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,70.

Pode-se observar, através dos resultados medidos, considerando que para salas de aula a iluminância mantida não deve ser inferior a 300 lux e 500 lux para o período noturno e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que as salas de aula do segundo andar do prédio dos laboratórios do campus II da Faculdade ACES atendem aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

### **7.2.2.5 Ambiente estudado: Salas de leitura da biblioteca**

Foram utilizados os mesmos critérios de medição previamente citado para as três principais salas de leitura e para as salas menores para estudo em grupo da biblioteca do Campus II da Faculdade ASCES.

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas) foi 1,90 m, sendo 1,85 m a distância mínima e 1,93 a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre as mesas e o chão de 0,72 m, distância máxima de 0,85 m do chão e uma média de 0,74.

As salas apresentam um grande número de luminárias cada, distribuídas em filas de acordo com as dimensões da sala, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

A primeira e maior sala apresenta um bom aproveitamento da luz natural durante o dia através das sete janelas existentes, como pode ser observado na figura 09, não sendo necessária a utilização das 27 lâmpadas durante o dia.

Vale observar que o ponto de medição de número 04 da primeira sala, que foi adotado próximo à janela, apresentou uma medição de 881,33 lux durante o dia e 487,25 lux durante a noite, como pode ser observado através da comparação das Tabelas 14 e 15.

A segunda sala não possui janelas o suficiente para aproveitamento total da luz natural, como no caso da primeira sala, uma vez que possui apenas a menor parede com contato direto para fora e quatro janelas, sendo necessário um maior número de luminárias (42 lâmpadas), as quais ficam acesas durante todo o dia, quando comparado com as outras salas, apesar da menor dimensão em tamanho.

A terceira sala é a sala de estudo individual e possui maior número de janelas com contato direto para fora, porém não realiza o mesmo aproveitamento de luz natural, mantendo todas as doze janelas (quatro em cada parede de contato direto para fora) cobertas por persianas para que todas as 36 lâmpadas fiquem acesas durante o dia todo, o que poderia ser evitado através da mesma iniciativa tomada na primeira sala de estudos, valendo ressaltar que a iluminância apresentada próximo a janela aberta (para experimento) foi de 1065 lux.

As salas de estudos em grupo fazem parte de compartimentos das primeira e segunda salas da biblioteca.

Desta forma, vale ressaltar que as medidas de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas muito próximas, como pode ser observado nos Quadros 12 e 13.

Figura 09. Primeira sala de leitura da biblioteca do campus II da Faculdade ASCES; aproveitamento da luz natural.



Fonte: da autora.

Quadro 12. Resultados das salas de leitura da biblioteca no período vespertino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	483,56
Ponto 02	462,52
Ponto 03	505,21
Ponto 04	881,33
Ponto 05	545,50
<b>MÉDIA</b>	<b>575,62</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de iluminância: 0,80.

Quadro 13. Resultados das salas de leitura da biblioteca no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	452,10
Ponto 02	470,45
Ponto 03	510,58
Ponto 04	487,25
Ponto 05	560,20
<b>MÉDIA</b>	<b>496,12</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de Iluminância: 0,91.

Dessa forma, a partir da análise dos resultados medidos, uma vez que, para áreas de leitura de bibliotecas, a iluminância mantida não deve ser inferior a 500 lux e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que as salas de leitura da biblioteca do campus II da Faculdade ACES atendem parcialmente aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, pois, apesar de apresentar uma uniformidade de iluminância superior a 0,70, a média de iluminância apresentou-se levemente abaixo do fator mínimo.

A adição de refletores laterais nas lâmpadas poderia colaborar para que a área de leitura da biblioteca atenda aos pré-requisitos mínimos de funcionamento.

Observa-se que o bom aproveitamento da climatização e iluminação naturais realizado pela biblioteca do Campus II da Faculdade ASCES destaca-se como exemplo para outras instituições, colaborando tanto com a economia de energia como para a mitigação dos impactos ambientais.

#### **7.2.2.6 Ambiente estudado: Salas de aula do prédio de Educação Física**

Foram utilizados os mesmos critérios de medição previamente citados.

A distância média observada entre as lâmpadas e a área de tarefa (mesas) foi 1,94 m, sendo 1,85 m a distância mínima e 2,05 m a distância máxima medidas.

Observou-se uma distância mínima entre o balcão e o chão de 0,68 m, distância máxima de 0,82 m do chão e uma média de 0,74.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 0,50 m e a máxima 1,54 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

As salas de aula do prédio de Educação Física do campus II da Faculdade ASCES não possuem janelas para aproveitamento da luz natural, tão pouco apresentam refletores laterais nas lâmpadas, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10. Sala de aula do prédio de Educação Física.



Fonte: da autora.

As áreas de trabalho em questão possuem lâmpadas fluorescentes modelo Osram F032W/ 840, sem refletores metálicos laterais, como pode ser observado na figura 10.

Desta forma, vale ressaltar que as medidas de iluminância dos diferentes turnos do dia foram consideradas muito próximas, como pode ser observado nos Quadros 14 e 15.

Quadro 14. Resultados das salas de aula da Ed. Física do período matutino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	352,20
Ponto 02	325,51
Ponto 03	316,45
Ponto 04	309,50
Ponto 05	368,54
<b>MÉDIA</b>	<b>334,44</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de Iluminância: 0,92.

Quadro 15. Resultados das salas de aula da Ed. Física do período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	372,10
Ponto 02	387,54
Ponto 03	343,33
Ponto 04	370,25
Ponto 05	345,20
<b>MÉDIA</b>	<b>363,68</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de Iluminância: 0,94.

Assim, pode-se observar através dos resultados medidos, considerando que para salas de aula a iluminância mantida não deve ser inferior a 300 lux e 500 lux para o período noturno e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que as salas de aula do prédio de Educação Física do campus II da Faculdade ASCES atendem parcialmente aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, uma vez que a uniformidade de iluminância é adequada e a média de iluminância não chega aos valores mínimos exigidos para o período noturno.

A adição de refletores laterais nas lâmpadas poderia aumentar a média de iluminância sem que sejam adicionadas mais lâmpadas nas salas.

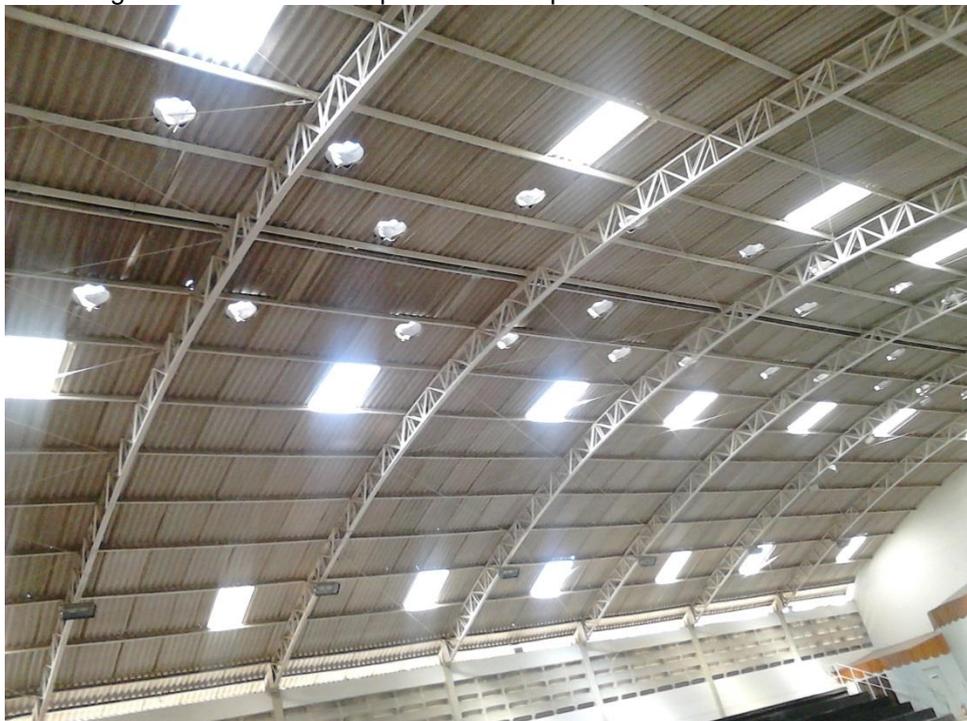
### 7.2.2.7 Ambiente estudado: Ginásio de Esportes do Campus II da Faculdade ASCES

As medições de iluminância do ginásio foram realizadas durante a manhã e durante a noite em cinco pontos escolhidos aleatoriamente.

O ginásio possui sete refletores de cada lado, distantes aproximadamente 8,89 m do chão, que são ligados durante a noite em eventos esportivos. Para outros eventos, iluminação extra é utilizada.

A iluminação natural é bem aproveitada no ginásio de esportes, uma vez que esse apresenta 33 entradas de luz natural no telhado, feitas de material transparente bem distribuídos de acordo com as dimensões do ginásio, além de 39 dispositivos de ventilação, que permitem maior participação da luz natural. Possui também entradas laterais de ar, colaborando para uma boa ventilação, como observado na Figura 11.

Figura 11. Ginásio de esportes do campus II da Faculdade ASCES.



Fonte: da autora.

A mínima distância entre as lâmpadas e a parede foi 1,83 m e a máxima 1,90 m, sendo sempre bem distribuídas de acordo com o espaço disponível.

Observa-se uma melhor iluminação durante o dia do que durante a noite, devido a entrada de luz natural, como pode ser analisado através da comparação entre nos Quadros 16 e 17.

Quadro 16. Resultados do ginásio no período matutino.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	645,00
Ponto 02	485,00
Ponto 03	310,00
Ponto 04	436,00
Ponto 05	305,00
<b>MÉDIA</b>	<b>436,20</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de Iluminância: 0,71.

Quadro 17. Resultados do ginásio no período noturno.

<b>Setor / local</b>	<b>Iluminância medida (lux)</b>
Ponto 01	208,00
Ponto 02	290,00
Ponto 03	203,00
Ponto 04	216,00
Ponto 05	180,00
<b>MÉDIA</b>	<b>219,40</b>

Fonte: da autora.

Uniformidade de Iluminância: 0,82.

Dessa forma, a partir da análise dos resultados medidos, uma vez que, para ginásios, a iluminância mantida não deve ser inferior a 300 lux e a uniformidade de iluminância deve ser maior ou igual a 0,70, pode-se concluir que o ginásio do campus II da Faculdade ASCES atende parcialmente aos pré-requisitos mínimos para funcionamento, de acordo com a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, uma vez que, apesar de apresentar uma uniformidade de iluminância superior a 0,70 para os

dois turnos medidos, a média de iluminância para o período noturno encontra-se abaixo do valor mínimo exigido.

Vale ressaltar que o ginásio de esportes do Campus II da Faculdade ASCES apresenta-se como um exemplo a ser seguido por outras instituições com relação ao bom aproveitamento da ventilação e climatização naturais, colaborando tanto com a economia de energia como para a mitigação dos impactos ambientais.

### **7.3 Sistemas de climatização**

Foi fornecido pelo setor de Infraestrutura da Faculdade ASCES, a partir de levantamento realizado em 2014 e durante o processo de coleta do presente trabalho, um total de 80 condicionadores de ar no Campus II da Faculdade ASCES até a data do presente estudo.

A partir de questionário pré-estruturado com os funcionários do setor de infraestrutura, observou-se que os condicionadores de ar não são uniformizados e apresentam cerca de cinco modelos diferentes, sendo considerada no momento da compra, apenas a potência dos mesmos, de acordo com as dimensões do ambiente a ser instalado.

Através do questionário previamente citado, observou-se que, dos 80 condicionadores de ar presentes atualmente do campus II da Faculdade ASCES, 50% apresentam potência de 48.000 BTU/h; 20% apresentam potencia de 36.000 BTU/h; 20% apresentam potencia de 24.000 BTU/h e os 10% restantes dividem-se entre as potencias de 12.000 a 18.000 BTU/h, caracterizando as salas de menores dimensões, sendo considerada para o presente estudo, a potencia de 15.000 BTU para as salas de menores dimensões. Tal divisão pode ser observada na Tabela 02.

Tabela 02. Distribuição de potências de acordo com os números de condicionadores de ar do Campus II da Faculdade ASCES.

<b>Número de condicionadores de ar (un.)</b>	<b>Potência (BTU/h)</b>
40	48.000
16	36.000
16	24.000
08	15.000

Fonte: da autora.

### 7.3.1 Consumo de energia dos condicionadores de ar

Para o cálculo do consumo, faz-se necessário conhecimento dos selos Procel dos condicionadores de ar, também estabelecidos através do questionário semi-estruturado, para que seja conhecida a potência, de acordo com a classificação do INMETRO, como apresentado na Tabela 03.

Tabela 03. Dados dos condicionadores de ar.

<b>BTU/h</b>	<b>Selo Procel</b>	<b>kWh/mês</b>
48.000	B	64,70
36.000	C	78,10
24.000	A	46,00
15.000*	A	23,60

Fonte: da autora.

\*Foi realizada a média entre os valores de 12.000 e 18.000 BTU

Como observado previamente para os cálculos de consumo das lâmpadas, como afirmado por Reis (2000), o consumo dos condicionadores de ar pode ser obtido a partir da seguinte forma:

$$\text{consumo dos cond. de ar} = \frac{\text{número de aparelhos} \times \text{potência (W)} \times \text{horas utilizadas por dia} \times \text{dias de uso no mês}}{1000} \text{ kWh/mês}$$

É importante salientar que, como afirmado pelo setor de infraestrutura, os condicionadores de ar são mantidos desligados quando existe a possibilidade de utilização da ventilação natural, como no caso da biblioteca, foi usado um total de 8h de uso por dia durante 06 dias na semana (24 dias por mês), uma vez que aos

sábados muitas salas não possuem os condicionadores de ar acionados (no caso de utilização por alunos, usam-se somente as luminárias).

Tabela 04. Consumo dos condicionadores de ar de acordo com a Potência.

BTU/h	Número de aparelhos	kWh/dia por unidade*	Consumo dos aparelhos (kWh/mês)
48.000	40	02,16	16.588,80
36.000	16	02,60	7.987,20
24.000	16	01,53	4.700,16
15.000	08	00,79	1.213,44
<b>TOTAL</b>			<b>30.489,60</b>

Fonte: da autora.

\*Para que se soubesse a utilização diária, dividiu-se a potência fornecida em kWh/mês por 30.

É sabido que a taxa de custo utilizada para cálculo:  $[(0,28 \times 21) + (1,58 \times 3)] / 24 = \text{R\$ } 0,44$  por kWh utilizado. Logo,

**O custo do consumo médio mensal da climatização é =  $30.489,60 \times 0,44 = \text{R\$ } 13.415,42$ .**

Este valor representa **51,80%** da média dos valores totais das faturas de energia elétrica dos meses de utilização dos prédios do Campus II da Faculdade ASCES.

### 7.3.2 Condições de operação e manutenção

Através de questionário realizado com o setor de infraestrutura, foi informado que a manutenção do sistema de climatização é terceirizada e provida de relatórios a cada 6 meses, com todas as informações em relação à mudanças necessárias.

### 7.3.3 Verificação das dimensões de acordo com o ambiente

A partir da pesquisa semiestruturada realizada com o setor de infraestrutura, observou-se que antes de qualquer aquisição de equipamento de iluminação ou

climatização, é realizada uma análise do ambiente a ser adaptado pela equipe de monitoramento da infraestrutura da Faculdade ASCES.

#### **7.4 Proposições de Oportunidades de Economia Energética (OEEs)**

Diante dos dados levantados, serão propostas as seguintes OEEs, dentro dos principais levantamentos realizados pelo presente estudo (iluminação e climatização) de acordo com os ambientes estudados:

- Substituição dos condicionadores de ar que não possuem classe A no selo Procel de Economia de Energia por aparelhos somente de classe A, uma vez que este possui um maior coeficiente de eficiência energética;
- Adição de refletores laterais em todas as luminárias que ainda não possuem para uma melhor homogeneidade de distribuição de luz, o que possivelmente diminuiria consideravelmente o número de lâmpadas necessárias para que seja alcançado o padrão de iluminância estabelecido pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013;
- Diminuição e melhor distribuição do número de luminárias dos ambientes estudados que apresentaram uma intensidade luminosa superior aos valores mínimos estabelecidos pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013;
- Remoção ou substituição das paredes de cores escuras por material claro ou transparente que permitam a passagem de luz e ventilação natural dos ambientes que atualmente possuem janelas não aproveitadas;
- Substituição das paredes de material escuro observadas em muitas salas de aula por paredes de cores claras, tendo como consequência a diminuição do número de lâmpadas;
- Instalação de janelas e exaustores nos ambientes que não possuem para que seja aproveitada a iluminação e climatização natural durante o período diurno.

Com relação aos índices de iluminância dos ambientes estudados, o Quadro 18 destacado abaixo colabora na identificação dos ambientes que se encontram fora dos padrões estabelecidos pela ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, tanto com relação ao excesso de iluminação ou carência da mesma.

Quadro 18: Resultados de iluminância dos ambientes estudados.

<b>Ambientes estudados</b>	<b>Resultado (Lux)</b>	<b>Observações</b>
Laboratórios do subsolo/ vespertino	513,94	-
Laboratórios do subsolo/ noturno	514,17	-
Laboratórios 1º andar/ matutino	413,70	Necessidade de ajustes
Laboratórios 1º andar/ noturno	415,06	Necessidade de ajustes
Salas de aula 1º andar/ matutino	656,79	Necessidade de ajustes
Salas de aula 1º andar/ noturno	649,89	Necessidade de ajustes
Salas de aula 2º andar/ matutino	527,37	Necessidade de ajustes
Salas de aula 2º andar/ noturno	527,70	-
Salas de leitura biblioteca/ vespertino	575,62	-
Salas de leitura biblioteca/ noturno	496,12	Necessidade de ajustes
Salas de aula Ed. Física/ matutino	334,44	-
Salas de aula Ed. Física/ noturno	363,68	Necessidade de ajustes
Ginásio/ matutino	436,20	-
Ginásio/ noturno	219,40	Necessidade de ajustes

Fonte: da autora.

Sugere-se que os resultados apresentados para os índices de iluminância e percentuais de gastos com energia elétrica de luminárias e condicionadores de ar sejam contabilizados novamente após a adoção das OEEs para levantamento e comparação do valor economizado a partir das mesmas.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Foi realizado o diagnóstico do consumo energético do prédio dos laboratórios, do ginásio de esportes, da biblioteca e do prédio da Educação Física do Campus II da Faculdade ASCES onde se verificou que 21,14% da energia elétrica é consumida por iluminação e 51,80% é consumida pela climatização, além se serem observados ambientes com especificações que não colaboram com a iluminação ou ventilação natural, ambientes que não possuem os requisitos mínimos de iluminância ou possuem índices de iluminância muito elevados.

Esses focos de desperdício poderiam ser minimizados se fosse criado um sistema de gestão energético, seguindo as Oportunidades de Economia Energética e medidas corretivas propostas pelo presente estudo, o que colaboraria diretamente com a economia de energia elétrica da Instituição e com a diminuição dos impactos ambientais.

## 9. CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A coleta de dados ocorreu somente após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Núcleo de Trabalho de Conclusão de Curso (NTCC) e pelos Comitês Científico e de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, seguindo a Resolução CNS 466/2012, da Comissão Nacional de Ética e Pesquisa do Ministério da Saúde, que regulamenta a pesquisa envolvendo seres humanos, sendo que o material desenvolvido a partir destes dados apresenta uma garantia de 05 anos.

Antes do início da pesquisa, os funcionários foram convidados a participarem voluntariamente do estudo e foram informados sobre o conteúdo e os riscos envolvidos na pesquisa, através da leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A estes foi garantido o direito de retirar sua participação no estudo em qualquer de suas etapas, sem que isso traga prejuízo para os mesmos. Foi entregue uma cópia do TCLE aos entrevistados, onde constam dados da pesquisadora e orientadora.

Todas as informações que foram solicitadas que sejam mantidas em sigilo, assim serão mantidas. A presente pesquisa não apresenta riscos físicos e/ou materiais para os envolvidos.

Os benefícios relacionados a essa pesquisa consistem em contribuir para o desenvolvimento da eficiência energética no campus II da Faculdade ASCES, reduzindo gastos e colaborando com a manutenção da qualidade de vida através da mitigação de impactos ao meio ambiente.

## 10. REFERÊNCIAS

**ABNT NBR ISO 50001:2011.** Disponível em:

<<http://pt.slideshare.net/fdecicco/conhea-a-norma-sobre-sistemas-de-gesto-de-energia-nbr-iso-50001-2011>>. Acessado em 30 de agosto de 2014.

**ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. São Paulo, Brasil, 2013.

ABNT. **Vença os desafios da energia com a ISO 50001.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rua Minas Gerais, 190, Higienópolis. São Paulo, Brasil, 2010.

ALTHOUSE, A. D., TURNQUIST, C. H., BRACCIANO, A. F., **Modern Refrigeration and Air Conditioning**, 18 ed., Goodheart-Wilcox Publishing, 2003.

BATISTA, O.E. **Redução do custo da energia elétrica em ambientes industriais por meio de uma estratégia de baixo custo em gestão energética/** Oureste Elias Batista; orientador Rogério Andrade Flauzino. São Carlos, 2013.

BERKELEY INSTITUTE. 2013. Mixed. Disponível em:

Mode. <<http://www.cbe.berkeley.edu/mixedmode/aboutmm.html>>. Acesso: abril de 2015.

BRASIL. Lei nº 2.831 de 13 de novembro de 1997. Publicada no Diário Oficial da União em 05 de Dezembro de 1997.

CELPE.2013. Disponível em: <<http://servicos.celpe.com.br/comercial-industrial/Lists/Lista%20Comercial%20Alta%20Tensao%20Opcoes%20Tarifarias/DispForm.aspx?ID=2&ContentTypeId=0x01003C92DB33E2E645D9986A3CE43AC8003D00A5CEFA2C6E5FA840AA71DBE539168296>>. Acesso em: abril de 2015.

CEMAT, Rede Energia, **Tarifas**, 2012, disponível em:

<<http://www.redenergia.com/concessionarias/cemat/residenciais.aspx>>. Acesso em abril de 2015.

CEPINHA, E.I.F. **A Certificação Energética de Edifícios como Estratégia Empresarial do Sector da Construção.** Análise à escala nacional, 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria.** 2005.

DIAS, R.A. **Impactos da substituição de equipamentos na conservação de energia.** 1999. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 1999.

ENERGIA BRASIL. **Guia de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias Empresas.** Governo Federal, Casa Civil da Presidência da República, p.7, 2001.

ELONKA, S. **Manual de Refrigeração e Ar Condicionado**, 1 ed., McGraw-Hill, 1978.

ELTROBRAS. **Guia Técnico: Gestão energética**. ELETROBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras e PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, 2005.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). **Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)**. Série Estudos da Demanda – Nota Técnica DEA 14/10. Rio de Janeiro: EPE, 2010.

EVO. *Efficiency Valuation Organization*. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance**. San Francisco: EVO World, 2007.

FERREIRA, J.J. **Economia e gestão da energia**. Lisboa: Jesus Ferreira Consultores, 1994.

GODOI, J.M.A.; OLIVEIRA JUNIOR, S. **Energy Efficiency Management**. In: **ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION – 2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP**, 2009, São Paulo. Conference Proceedings. São Paulo: UNIP, 2009.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J.R. **Energy Policies in Brazil**. *Estu. Av.* [online]. 2005, v. 19, n. 55, p. 215-228. ISSN 0103-4014.

GOMES, M.J.S. **Guia para Implementação de um Programa de Gestão de Energia na Indústria**. 2009. 100 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2009.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, **Eficiência Energética - Condicionadores de Ar - Critérios 2012, Categoria 1 - Capacidade de Refrigeração Inferior a 9496 kJ/h**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionador.pdf>>. Acesso em: março de 2015.

JANNUZZI, G.M.; SWISHER, J.N.P. **Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis**. Campinas/SP: Autores Associados, 246p.1997.

JULIATTO, D.L.; CALVO, M.J.; CARDOSO, T.E. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Instituições Públicas de Ensino Superior**. Florianópolis: Rev Gual. v. 4 n. 3, p. 170-193, set-dez 2011.

KRAUSE, C.B. *et al.* **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002, 230 p. 2002.

MARCONDES, M. 2010. **Soluções projetos de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo**. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, 230 páginas.

MARINS, K.R.C.C. **Proposta Metodológica para Planejamento Energético no Desenvolvimento de Áreas Urbanas.** O potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente: o caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo. 2010. 798 p. Tese (Doutorado). Faculdade Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NICOL, F., HUMPHREYS, M. ROAF, S. 2012. **The thermal Comfort. Principles and practice.** Earthscan. 2012.

PARKER, D. **How much cooling energy can be avoided by envelope measures?** Cooling buildings in a warming climate. 2004, Sophia Antipolis, França.  
**Apresentação.** Sophia Antipolis: International Energy Agency, 2004, Disponível em: <<http://www.iea.org/work/2004/cooling/DParkerIEA-ENV.pdf>>. Acesso em: 08 set 2014.

PROCEL. **Manual do Pré-Diagnóstico Energético** - Autodiagnóstico na Área de Prédios Públicos - Rio de Janeiro, dezembro/2010

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. (organizadores); **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução a uma Visão Multidisciplinar;** Editora da Universidade de São Paulo; São Paulo; 2000.

RIFFEL, D. B. **Ar Condicionado Solar por Adsorção: Fundamentos e Estado de Arte.** Em: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2007, Fortaleza. Abens, 2007. p. 56 - 66.

RUSSELL, C. **A self-test of organizational aptitude for managing energy.** Washington DC (Estados Unidos): Alliance to Save Energy, 2005.

SANTAMOURIS, M. *et al.* **Energy and Climate in the Urban Built Environment.** London: Earthscan/James & James, 2001.

SANTOS, A.H. *et al.* **Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos.** 3ed. revista e ampliada. Itajubá: EFEI. 2006.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira.** 4ed. São Paulo: Atlas, 2006.

TOLMASQUIM, M.I; OLIVEIRA, R.G.; CAMPOS, A.F. **As Empresas do Setor Elétrico Brasileiro: Estratégias e Performance.** Rio de Janeiro: Cenergia, COPPE/UFRJ, 2002.

TSUTIYA, M. T. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Utilização de Inversores de Frequência para Diminuição de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Bombeamento,** VI SEREA – Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, 2008, João Pessoa/PB, 2006.

WALTER, A. **As Mudanças Climáticas e a Questão Energética**. Revista Multiciência. Campinas. 8ed. Mudanças Climáticas, p. 29-47. Maio, 2007.

WALISIEWICZ, M. **Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis**. São Paulo: Publifolha, 1ed. 2008.