

Estudo de eficiência energética em resfriamentos artificiais em salas de aula

Study of energy efficiency in artificially cooled classrooms

Adriano Marinheiro Pompeu¹ - Univ. Fed. do Mato Grosso do Sul - Faculdade de Engenharias - Arquitetura e Urbanismo e Geografia - Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
Andrea Teresa Riccio Barbosa² - Univ. Federal do Mato Grosso do Sul - Faculdade de Engenharias - Arquitetura e Urbanismo e Geografia - Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
Octavio Ferreira Loureiro de Almeida³ - Univ. Federal do Mato Grosso do Sul - Faculdade de Engenharias - Arquitetura e Urbanismo e Geografia - Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
Volmir Rabaioli⁴ - Instituto Federal do Mato Grosso do Sul - Instituto Federal do Mato Grosso do Sul - Campus Coxim

RESUMO

Devido à condição tropical do país, predominando na maioria de seu território a temperatura média de 24° C, os condicionadores de ar tornaram-se uma necessidade na maioria das edificações, tendo como consequências o aumento significativo do consumo de energia elétrica e agravamento dos problemas ambientais. O presente trabalho descreve o estudo realizado sobre Eficiência Energética (EE) em condicionadores de ar em salas de aula de uma Instituição de Ensino Superior, tendo como objetivo reduzir custos e contribuir com o meio ambiente por meio de boas práticas de utilização e de uma análise técnica dos equipamentos existentes. Desta forma, este trabalho se torna importante na medida em que se pode comprovar que projetos de EE em edificações existentes podem melhorar significativamente ganhos de energia, juntamente com um *paypack* em curto prazo. Ele contribui para afirmar que boas práticas projetuais em EE podem ter um resultado promissor. Os resultados obtidos confirmaram um *payback* de 7 anos e 3 meses, com a troca dos condicionadores de ar existentes e com BTU ineficientes para a maioria das salas, por modelos do tipo *Inverter*, já com o cálculo correto de BTU para as mesmas.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Condicionadores de Ar. Redução de Custos.

ABSTRACT

Due to the tropical conditions in the country, which are predominant in most of its territory, with an average temperature of 24 ° C, air conditioners have become a necessity in most buildings, with the consequences of a significant increase in electricity consumption and worsening environmental problems. This paper describes the study on Energy Efficiency (EE) in air conditioners in classrooms located in an institution of higher education, in order to reduce costs and contribute to the environment through good use practices and an analysis technique of the existing equipment. Thus, this work is important since you can prove that EE projects in existing buildings can significantly improve energy savings, along with a short-term paypack. The study contributes by affirming that good projective practices in EE may have a promising result. The results of this study confirmed a payback of 7 years and 3 months, with the replacement of the existing air conditioners and inefficient BTU for most rooms by reverse-type models, as with the correct calculation for BTU them.

Keywords: Energy Efficiency. Air Conditioning. Cost Reduction.

1. adrianoifael@yahoo.com.br; 2. aricciobarbosa@yahoo.com.br; 3. contato@octavioloureiro.com.br; 4. R. Salime Tanure, 00, bairro Santa Tereza, Coxim-MS, 79400-000, rabaiole@hotmail.com

POMPEU, A. M.; BARBOSA, A. T. R.; ALMEIDA, O. F. L.; RABAIOLI, V. Estudo de eficiência energética em resfriamentos artificiais em salas de aula. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 14, nº 4, out-dez/2018, p. 217-236.

DOI: 10.15675/gepros.v13i4.2002

1. INTRODUÇÃO

A Eficiência Energética (EE) em edificações se traduz pela redução de energia utilizada em um determinado ambiente na realização de um mesmo serviço. Alves (2009) explica que a palavra “eficiência” equivale a uma força ou virtude de se produzir um efeito, como uma maneira mais eficaz e mais competente de otimizar e produzir energia. Com esta concepção, ao adotar ações que proporcionem EE, obtém-se economia com a implementação de planos eficientes em ambientes de trabalho.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver ações de EE em uma Instituição de Ensino Superior (IES) a fim de reduzir custos com energia elétrica e fomentar boas práticas de utilização dos condicionadores de ar nos alunos e colaboradores. A análise da EE está relacionada com a utilização de energia elétrica para a climatização artificial nas salas de aula. Para um melhor estudo da EE foram obtidos os seguintes dados: análise do gasto energético mensal da IES; análise dos condicionadores de ar; e entrevistas com alunos, colaboradores e professores da IES, a fim de colher informações referentes à utilização das salas de aula. Estas informações revelaram uma necessidade de revisar, de um modo mais eficiente, as infraestruturas de climatização das salas de aula, considerando-se as depreciações e suas utilizações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Frota e Schiffer (2003), nas regiões brasileiras predominantemente quentes, a arquitetura deve contribuir para minimizar as diferenças de temperatura internas e externas. Para isso, é necessário um projeto adequado da arquitetura do ambiente, com a utilização de recursos naturais (sombreamento, ventilação naturais ou efeito chaminé) ou artificiais (resfriamento evaporativo, ventiladores ou condicionadores de ar). Desta maneira, a refrigeração por condicionadores de ar nas IES tem como objetivo o controle de temperatura ambiental, proporcionando conforto corporal para seus ocupantes. Seus componentes básicos não diferem dos outros modelos de refrigeração, possuindo compressores, trocadores de calor, ventiladores, bombas, tubos, dutos e controles.

Com base nestas afirmações pode-se concluir que, são equipamentos de sistemas complexos e por isso necessitam de manutenção preventiva constante, principalmente referente à limpeza e conservação. Para tal, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2003) define a periodicidade de limpeza e manutenção desses componentes e suas frequências mínimas, simplificadas pela Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de limpeza periódica de ares condicionados.

COMPONENTE	PERIODICIDADE
Tomada de Ar Externo	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Unidades Filtrantes	Limpeza mensal ou quando descartável até sua obliteração (máximo 3 meses)
Bandeja de Condensado	Mensal*
Serpentina de Resfriamento	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Serpentina de Aquecimento	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Umificador	Desincrustarão semestral e limpeza trimestral
Ventilador	Desincrustarão semestral e limpeza semestral
Plenum de Mistura/ Casa de Máquinas	Desincrustarão semestral e limpeza mensal

* Excetuado na vigência de tratamento químico contínuo que passa a respeitar a periodicidade indicada pelo fabricante do produto utilizado.

Fonte: Os autores (2016).

No quesito temperatura ideal, a ANVISA (2003) também informa que a faixa recomendável de operação nas condições internas para verão deve variar de 23 a 26° C. Já o Ministério da Saúde (MS, 1998) considera que a manutenção precária dos sistemas de climatização favorece a ocorrência e o agravamen-

to de problemas clínicos. Para tal, um de seus critérios adotados no Art 5º da Portaria 3523, de 28 de agosto de 1998 descreve que “todos os sistemas de climatização devem estar em condições adequadas de limpeza, manutenção, operação e controle [...] visando à prevenção de riscos à saúde dos ocupantes” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

Uma das aplicações mais recentes da eletrônica de potência em equipamentos eletroeletrônicos está presente na nova geração de aparelhos de ar condicionado *Split*, conhecidos por condicionadores de ar do tipo *Inverter*. Moreira (2009) descreve que pode haver uma redução de até 56% utilizando esse modelo.

Esta topologia permite atingir a temperatura desejada rapidamente e mantê-la constante, com pouca oscilação de energia. Segundo Tavares et al. (2013) a economia obtida por este equipamento gira em torno de 40% se comparado com o seu antecessor *Split* convencional. Moraes (2013), também descreve que a tecnologia do tipo *Inverter*, possui um eficiente controle no compressor que alterna as velocidades de rotação otimizando a utilização de energia. Dessa forma, o aparelho trabalha somente o necessário para atingir e manter a temperatura selecionada, eliminando o liga/desliga e reduzindo o consumo de energia, podendo chegar a uma economia de 40% se comparado aos aparelhos *Split* convencionais. Desta maneira, para efeito de análise, foi atribuída essa economia de 40% a fim de efetuar os comparativos e propor a troca dos aparelhos atuais por aparelhos do tipo *inverter*.

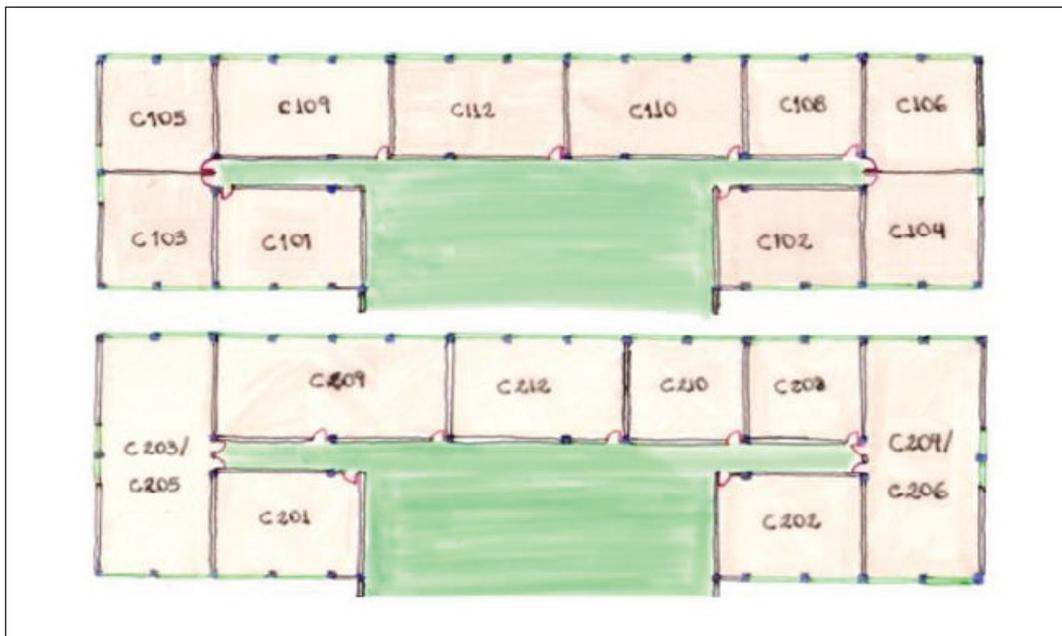
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Objeto de estudo

A IES em estudo situa-se na cidade de Campo Grande – MS, sendo esta uma instituição particular de ensino, com sete cursos de graduação. Fisicamente, possui um prédio principal com dois blocos unidos em formato de “T”, contendo em um deles quatro pavimentos e cinco no outro. Além desse prédio principal, há um segundo, com dois pavimentos para práticas estudantis. A IES possui no total quarenta e três salas de aula, incluindo laboratórios, maquetaria e estúdios, onde aulas também são ministradas.

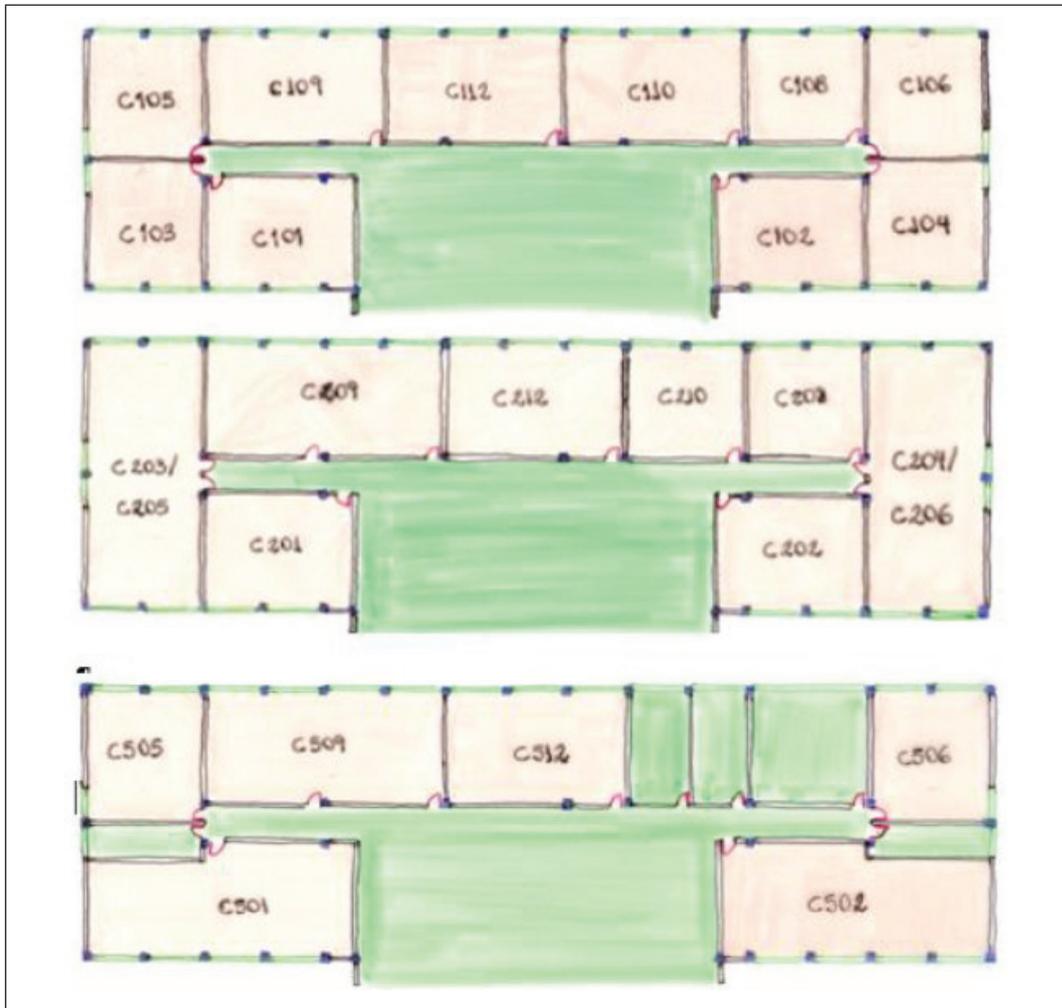
O estudo realizado foi em um único bloco do conjunto de salas de aula deste prédio principal, o qual possui cinco pavimentos. No total foi analisada a utilização de trinta e sete salas de aula. Este bloco possui corredores, sanitários, depósitos e um estúdio de gravação, que não fizeram parte do estudo proposto. As trinta e sete salas de aula da pesquisa estão distribuídas em cinco pavimentos, sendo dez no primeiro pavimento, oito no segundo, oito no terceiro, sete no quarto, sete no sexto e seis no quinto. As salas de um mesmo pavimento estão dispostas em sentido único, uma de frente para outra, unidas por um corredor central (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Croqui do Bloco “C” da IES, 1º e 2º pavimentos e as salas de aula pesquisadas.



Fonte: Os autores (2016).

Figura 2 - Croqui do Bloco “C” da IES, 3º, 4º e 5º pavimentos e as salas de aula pesquisadas.



Fonte: Os autores (2016).

3.2. Procedimentos de coleta de dados

O procedimento de coleta de dados comportou fases de levantamentos de dados, *in loco*, em que todas as salas de aula foram medidas para a obtenção de seu volume interno. Junto a isso, foi realizada uma relação da quantidade e de BTU¹ dos condicionadores de ar de cada sala de aula. Foi utilizado, ainda, o *software* Web Ar Condicionado para cálculo da potência de ar condicionado ideal para as salas. Diante dos diversos cenários analisados e em decorrência das deficiências observadas, procurou-se adequar à realidade as atividades realizadas nas salas de aula. Identificou-se um conjunto de ações a serem propostas e, posteriormente, desenvolvidas.

O sistema estrutural das salas de aula é em concreto armado do tipo modulado, com as estruturas dispostas em simetria perante o bloco. As esquadrias são em estrutura metálica e com vedações em vidro do tipo de correr. Nos corredores existem esquadrias do tipo *Max-ar*, as quais são baixas e com peitoril alto. A Figura 3 apresenta as salas caracterizadas pelo teto rebaixo em poliestireno expandido (isopor), sem acabamento, fixadas com perfis metálicos, e pés direitos variando de 3,10 e 3,13 m.

Figura 3 - Interior de uma das salas de aula do IES em estudo.



Fonte: Os autores (2016).

1. BTU é a sigla de British Thermal Unit, expressão em inglês que significa Unidade Térmica Britânica. BTU é uma unidade de energia, que mede a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura.

Quanto à utilização, as aulas ocorrem de segunda à sexta-feira no período matutino, das 7h30min às 12h00min com ocupação de 10% do total de salas. No período noturno, 100% das salas são ocupadas, cujas aulas iniciam às 19h00min até às 22h35min. Nos ambientes onde se realizaram as análises, os dados coletados são apresentados nas seções a seguir.

3.3. Procedimentos de análise de dados

Em relação aos condicionadores de ar dos ambientes em estudo, todos são do tipo *Split*, sendo a única exceção observada na sala C 408, que possui dois condicionadores de ar do tipo gabinete, com 18.000 BTU cada. Os *Splits* são de 60.000 BTU, sendo que uma sala possui um com 30.000 BTU. Na Tabela 2 é apresentado por sala, o somatório de condicionadores de ar do ambiente pesquisado. Nota-se que os condicionadores de ar possuem acionamento por controle remoto. Entretanto, este acionamento é feito por colaboradores antes e depois das aulas, e não pelos alunos ou professores que utilizam os ambientes. Devido a este fator, não foram observadas condições adequadas e ideais de operação de temperatura e de controle perante seus usuários. Além disso, também não foram encontrados dados relativos ao planejamento de manutenção predial das salas.

Observa-se que, saber se a quantidade de BTU/h de um ambiente é satisfatório, remete aos estudos de Frota e Schiffer (2003), que informam que é necessário verificar as cargas térmicas com ganhos de calor presentes no recinto, tais como as dos equipamentos, pessoas, iluminação e incidência solar, para posteriormente se calcular a carga necessária para se realizar a troca térmica com calor do ambiente. Entretanto, para esta finalidade, utilizou-se um *software*, denominado Web Ar Condicionado, onde se pôde calcular a quantidade de BTU ideal por sala, conforme Tabela 2, que também apresenta a quantidade de BTU e suas potências em kW por sala, bem como o consumo mensal de energia, tanto no período matutino quanto no noturno. Para isso são descritos:

- a) Na coluna 1, a nomenclatura das salas pesquisadas na IES;
- b) Na coluna 2, a potência em BTU/h ideal para cada sala, obtidas pelo *software*;
- c) Na coluna 3, a medição da potência em BTU/h de cada sala;

- d) Na coluna 4 são descritas as potências de cada sala, em kW;
- e) Na coluna 5 são apresentadas potências máximas obtidas com o uso do ar condicionado da sala, no período matutino, em um período de um mês, em kW/mês, e;
- f) Na coluna 6, a mesma utilização e no mesmo período, porém, em aulas noturnas.

Tabela 2 - Comparativo de ar condicionado entre as salas de aula.

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU existente (1000 BTU/h)	Ar condicionado existente (kW)	kw/mês	
				Manhã	Noite
C 101	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 102	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 103	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 104	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 105	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 106	54,00	60	17,58	161,74	2.628,21
C 108	82,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 109	82,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 110	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
C 112	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 201	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 202	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 203/205	150,00	120	35,16	323,47	5.256,42
C 204/206	150,00	120	35,16	323,47	5.256,42
C 208	73,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 209	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 210	73,20	60	17,58	161,74	2.628,21

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU existente (1000 BTU/h)	Ar condicionado existente (kW)	kw/mês	
				Manhã	Noite
C 212	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
C 301	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 302	76,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 303/305	150,00	120	35,16	323,47	5.256,42
C 304/306	150,00	60	17,58	161,74	2.628,21
C 308	54,00	60	17,58	161,74	2.628,21
C 309	82,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 310	82,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 312	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
C 401	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 402	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 405	73,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 406	73,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 408	86,40	97	28,42	261,47	4.248,94
C 409	86,40	90	26,37	242,60	3.942,32
C 412	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
C 501	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 502	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 505	73,20	60	17,58	161,74	2.628,21
C 506	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
C 509	129,60	120	35,16	323,47	5.256,42
C 512	86,40	60	17,58	161,74	2.628,21
TOTAL	3.633,60	2.947	863,47	7.943,93	126.460,70
				134.404,64	

Fonte: Os autores (2016).

Na medição do consumo energético da utilização dos condicionadores de ar, foram considerados dois critérios com relação ao tempo de utilização dos mesmos: no período matutino, 10% das salas são utilizadas, durante quatro horas diárias, em vinte e três dias/mês; e no período noturno, com a utilização de 100% das salas, durante um período de seis horas e meia, diária, em vinte e três dias/mês.

Conforme já mencionado, são os colaboradores da IES que acionam os condicionadores de ar, manualmente, um a um, em horários previamente estabelecidos, e seu desligamento ocorre na mesma maneira. Observa-se com isso que o tempo de funcionamento diário do aparelho, ultrapassa sua utilização. Muitas vezes algumas aulas terminam mais cedo do limite de tempo ou algumas aulas são ministradas fora da instituição, sem aviso prévio à equipe de colaboradores, aumentando o gasto energético sem necessidade. Os dados obtidos nas salas configuraram-se em um consumo energético de 2.947×10^3 BTU/h.

Frota e Schiffer (2003) descrevem a equivalência entre as unidades de BTU/h e W, em que 1 BTU/h equivale a 0,293 W. Portanto, obteve-se um total de 863,47 KW/h, equivalendo a um total de 134.404,64 kW/mês. Assim sendo, para o mês de março de 2015, a utilização dos condicionadores de ar dessas salas equivale a R\$ 47.041,62 de gasto.

4. RESULTADOS

Os resultados foram analisados, tanto em relação ao consumo energético do resfriamento artificial, bem como a eficiência dos BTU/h existentes nas salas. Os condicionadores de ar possuem aproximadamente oito anos de utilização. Na pesquisa observou-se que não existe um plano anual de limpeza e manutenção preventiva para os mesmos. Nesta manutenção preventiva as recomendações com relação à EE seriam:

- a) Criação de um Plano de Manutenção Preventiva;
- b) Criação de um *check list* com base as informações contidas na Tabela 2.

Verificou-se que não há possibilidade de um controle de acionamento e de temperatura que possa ser realizado pelos próprios usuários das salas, o que pode atrapalhar o seu funcionamento e não contribuir para a EE. Durante o período de levantamento de dados, foram encontradas salas de aula vazias, com os condicionadores de ar ligados.

Percebe-se pela Tabela 2 que a maioria dos condicionadores das salas possuem BTU abaixo do ideal, sendo que a soma dos BTU/h ideal das salas seria de 3.633.300 BTU, e na realidade é de 2.947.000 BTU. Ainda pela Tabela 2, observa-se que 89,74% das salas encontram-se abaixo do ideal. Entretanto, desse percentual, 57,14% se aproxima do ideal (até 20% de diferença), enquanto 40% encontram-se distante do ideal (entre 21 a 100%) e apenas uma sala, isto é 2,86%, possui uma quantidade de BTU bem distante do ideal (mais de 100%).

Observa-se que BTU/h é uma unidade de medida que indica o tempo que o equipamento levará para alterar a temperatura de um ambiente. Portanto, ao utilizar um aparelho abaixo do indicado, será necessário mais tempo para atingir a temperatura solicitada pelo usuário, independente da função do aparelho. Este acréscimo de tempo representa maior demanda do sistema, fazendo com que o compressor funcione corretamente por um período maior até atingir seu objetivo. Desta forma, mais trabalho para a máquina, maior consumo de energia.

Não existem dados concretos quanto ao tempo de acionamento dos condicionadores de ar realizados pelos colaboradores da IES. Independente do período em que as salas de aula são utilizadas, o acionamento manual dos equipamentos é feito até três horas antes do início das aulas. Outras observações foram importantes para perceber que a utilização do ar condicionado não segue um padrão preconizado pela ANVISA (2003), tais como a temperatura do ar inserido no ambiente, que é inferior ao recomendado, causando desconforto para alguns usuários,

Há casos relatados de que alunos abriram as esquadrias para tentar aumentar a temperatura da sala, devido à baixa temperatura causada pelo uso do ar condicionado. Esta atitude provoca um aumento do consumo de energia, pois o ar condicionado mantém seu motor funcionando continuamente para atingir a temperatura programada. Desta forma, há um aumento de gasto com energia pela falta de acesso dos usuários ao controle do aparelho.

Na Tabela 3 são apresentados os equipamentos sugeridos para substituição e seus gastos energéticos fundamentados pelas referências citadas anteriormente.

Tabela 3 - Equipamentos sugeridos dimensionados corretamente e gastos energéticos.

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU proposto (1000 BTU/h)	QTD de Equipamentos	Equipamento proposto (1000 BTU/h)	kwh/mês	
					Manhã	Noite
C 101	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 102	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 103	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 104	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 105	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 106	54	58	1	58	93,8	1.524,4
C 108	82,2	84	2	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
C 109	82,2	84	2	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
C 110	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 112	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 201	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 202	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU proposto (1000 BTU/h)	QTD de Equipamentos	Equipamento proposto (1000 BTU/h)	kwh/mês	
					Manhã	Noite
C 203/205	150	154	3	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
				58	93,8	1.524,4
C 204/206	150	154	3	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
				58	93,8	1.524,4
C 208	73,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 209	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 210	73,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 212	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 301	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 302	76,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 303/305	150	154	3	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
				58	93,8	1.524,4
C 304/306	150	154	3	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
				58	93,8	1.524,4

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU proposto (1000 BTU/h)	QTD de Equipamentos	Equipamento proposto (1000 BTU/h)	kwh/mês	
					Manhã	Noite
C 308	54	58	1	58	93,8	1.524,4
C 309	82,2	84	2	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
C 310	82,2	84	2	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
C 312	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 401	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 402	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 405	73,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 406	73,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 408	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 409	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 412	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 501	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5

Sala de aula	BTU ideal (1000 BTU/h)	BTU proposto (1000 BTU/h)	QTD de Equipamentos	Equipamento proposto (1000 BTU/h)	kwh/mês	
					Manhã	Noite
C 502	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 505	73,2	78	2	30	48,5	788,5
				48	77,6	1.261,5
C 506	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 509	129,6	132	3	36	58,2	946,2
				48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
C 512	86,4	96	2	48	77,6	1.261,5
				48	77,6	1.261,5
TOTAL					6.142,7	99.819,4
					105.962,1	

Fonte: Os autores (2016).

5. DISCUSSÕES

Em valores monetários, haveria uma economia de R\$ 9.954,88 para o mesmo mês, ou seja, R\$ 119.458,56 ao ano. É importante mencionar também que esse tipo de economia só é válido se não for necessário que o aparelho trabalhe subdimensionado, ou seja, os aparelhos devem estar corretamente dimensionados. Observa-se que caso a somatória das potências dos aparelhos de ar em uma sala for menor que o mínimo exigido, os mesmos trabalharão constantemente.

Como análise, consideram-se como medidas de efficientização: a troca dos condicionadores de ar por modelos do tipo *Inverter*; a criação de um plano de limpeza e manutenção preventiva para os aparelhos; a instalação de aparelhos de regulagem e de acionamento manual nas salas de aula, em que os próprios usuários possam acionar o aparelho e regular a temperatura de vazão e; a cria-

ção de um plano de educação para os usuários finais, demonstrando a EE obtida pelo simples ato de desligar o condicionador de ar ao sair das salas.

Para efetuar a troca dos aparelhos, foram feitos orçamentos para aquisição de novos aparelhos de modelos tipo *Inverter* com seus respectivos BTU necessários para cada sala, bem como o custo da mão de obra para a instalação dos mesmos, com o objetivo de estimar os valores totais. Foi orçado para cada troca de aparelho (86 no total) o valor de R\$ 800,00 e o valor de cada aparelho seguiu preços praticados no mercado. Assim sendo, é apresentada a Tabela 4 com o valor do investimento na compra dos aparelhos e o valor da mão de obra para substituição, uma vez que, é necessário retirar os existentes e instalar os propostos.

Tabela 4 - Investimento em condicionadores de ar.

	Qtd	Total
Investimento do aparelho	86	R\$ 788.200,00
Mão de obra	86	R\$ 68.800,00
Total geral		R\$ 857.000,00

Fonte: Os autores (2016).

Depois de apresentado o investimento proposto para as substituições, na Tabela 5 é mostrado um comparativo de gasto energético e tarifa mensal.

Tabela 5 - Comparativo gasto energético e tarifa mensal.

	Kwh/mês	Tarifa	Total Mensal
Condicionadores de Ar Tipo <i>Split</i> Convencionais	134.404,64	0,35	R\$ 47.041,62
Condicionadores de Ar Tipo <i>Inverter</i>	105.962,10	0,35	R\$ 37.086,75
Economia mensal			R\$ 9.954,88

Fonte: Os autores (2016).

Ao estimar que o investimento total é de R\$ 857.000,00 e que geraria uma economia de R\$ 9.954,88 por mês na conta de energia, efetuou-se um cálculo de *payback*, sendo este o tempo necessário para que se tenha o retorno sobre o

investimento em um projeto, descrito na Tabela 6, a fim de estipular o tempo necessário retorno financeiro após o investimento. Neste cálculo não foi considerado o valor de revenda do ar condicionado trocado. Mais precisamente, pode-se dizer que o investimento estimado para compra e instalação de condicionadores de ar seria recuperado em 7 anos e 3 meses.

Tabela 6 - Cálculo de *Payback* Simples.

Ano	Investimento	Economia anual	% ano	% total anos
0	R\$ 857.000,00			
1		R\$ 119.458,56	13,94%	13,94%
2		R\$ 119.458,56	13,94%	27,88%
3		R\$ 119.458,56	13,94%	41,82%
4		R\$ 119.458,56	13,94%	55,76%
5		R\$ 119.458,56	13,94%	69,70%
6		R\$ 119.458,56	13,94%	83,63%
7		R\$ 119.458,56	13,94%	97,57%
8		R\$ 119.458,56	13,94%	111,51%

Fonte: Os autores (2016).

Ao adotar uma TIR (Taxa Interna de Retorno do investimento) como critério de análise com o intuito de tomar decisões sobre a viabilidade do investimento, pode-se considerar que: se a TIR for maior que o custo de capital (TMA – Taxa Mínima de Atratividade), significa que o projeto é viável; se for menor, o projeto mostra-se inviável economicamente. Esta análise garante que a empresa esteja obtendo, pelo menos, sua taxa requerida de retorno. Esboçando de forma mais sucinta, pode-se descrever da seguinte forma:

- TIR > TMA: Significa que o investimento é economicamente viável;
- TIR < TMA: O investimento não é economicamente atrativo;
- TIR = TMA: O investimento está em uma situação econômica de indiferença.

No caso apresentado neste trabalho, a Tabela 7 evidencia que, sendo a Taxa Interna de Retorno maior do que a Taxa Mínima de Atratividade, significa que o investimento é economicamente atrativo.

Tabela 7 - Taxa Mínima de Atratividade, Taxa Interna de Retorno e Valor Presente Líquido.

TMA	1,5% (a.a.)
TIR	2%
VPL	R\$ 37.257,83

Fonte: Os autores (2016).

6. CONCLUSÕES

Dado o exposto, conclui-se que um projeto adequado de condicionamento de ar em salas de aula é extremamente importante em relação à eficiência energética. Muitas vezes, projetam-se aparelhos subdimensionados para que haja uma economia de energia. Entretanto, como demonstrado nos cálculos, estes equipamentos acabam entrando em operação por um tempo maior sem proporcionar o conforto térmico adequado aos usuários, como preconizado por órgãos competentes.

Neste estudo foi sugerido o uso de condicionadores de ar com uma tecnologia mais moderna, haja vista que os aparelhos atuais têm aproximadamente oito anos de uso. Desta forma, foi realizado o cálculo para a troca destes equipamentos e, considerando a economia gerada de R\$ 9.954,88 ao mês, ou R\$119.458,56 ao ano, com *payback* de 7 anos e 3 meses. Outra solução seria a troca destes aparelhos após o fim de sua vida útil, optando por novos aparelhos com a tecnologia e dimensionamento adequados.

Essas atitudes se tornam relevantes na medida em que os recursos naturais são finitos. Nesse contexto, a correta utilização da energia e dos equipamentos é relevante, haja vista que os recursos naturais são finitos. Além disso, a sociedade usuária desses recursos deve estar ciente do déficit ambiental causado pela atitude humana, cujos efeitos podem ser irreversíveis e comprometer a existência de diversas formas de vida no planeta.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA) - **RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003**, Orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público coletivo. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_09_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727>. Acesso em 02 mar. 2017.

ALVES, C. F. V. A. **Plano de eficiência energética numa unidade industrial**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major de Energia) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto Portugal. 2006.

FROTA, A.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**, São Paulo-SP: Nobel, 2003, 243 pg.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - **Portaria 3523, de 28 de agosto de 1998**. Aprova regulamento sobre a Síndrome dos Edifícios Doentes de ambientes climatizados artificialmente. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html>. Acesso em 02 mar. 2017.

MORAES, C. S. **Análise de Medidas para Eficientização e Uso Racional da Energia Elétrica em Condicionadores de Ar**. 2013. 175 f. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

MOREIRA, R. S. **Comparação da viabilidade técnica-econômica em condicionamento de ar: compressor a pistão versus compressor rotativo de velocidade variável**. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Mecânica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” UNESP. Guaratinguetá, São Paulo, 2009.

TAVARES, C. E.; REZENDE, P. H. O.; OLIVEIRA, J. C. Uma Análise Comparativa de Condicionadores de Ar no contexto da Qualidade e da Racionalização da Energia Elétrica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA, 2013. **Anais...** Araxá-MG, 2013.