

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DA TERMOACUMULAÇÃO NO SISTEMA DE AR CONDICIONADO DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE MINAS - UNIPAM<sup>1</sup>

***Delduque Garcia Mundim Júnior***

Graduando do 10º período do curso de Engenharia Elétrica do UNIPAM.

E-mail: delduque@unipam.edu.br

***Cícero Luiz Fonseca***

Professor do curso de Engenharia Elétrica do UNIPAM.

E-mail: cicerolf@unipam.edu.br

---

**RESUMO:** Este artigo apresenta um diagnóstico energético para análise de viabilidade de implantação da termoacumulação, cujo objeto de estudo é o sistema de ar condicionado do UNIPAM. O objetivo geral é promover a eficiência energética do sistema de ar condicionado, por meio da termoacumulação. Foram realizados levantamentos de dados e cálculo de viabilidade financeira, constatando-se a possibilidade de reduzir a demanda necessária em 800kW.

**PALAVRAS-CHAVE:** Diagnóstico energético. Termoacumulação. Sistema de ar condicionado.

**ABSTRACT:** This article presents an energy diagnosis for the feasibility analysis of the implantation of the thermoaccumulation, whose object of study is the air conditioning system of UNIPAM. The objective is to promote the energy efficiency of the air conditioning system, through the medium of the accumulation. Data collection and calculation of financial viability were carried out, with the possibility of making a requirement of 800kW.

**KEYWORDS:** Energy diagnosis. Thermal accumulation. Air-conditioning system.

---

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica foi um fator essencial para as grandes mudanças ocorridas no final do século XX e início do século XXI, relacionadas à economia e à tecnologia, o que proporcionou diversos benefícios, dentre eles a melhoria na qualidade de vida das pessoas. Porém, segundo Kobayakawa (2011), todo esse processo causou impactos negativos para o meio ambiente, além de provocar aumento nos custos para geração de energia. Buscando minimizar esses impactos, é extremamente importante aliar o desenvolvimento com práticas que visam à conservação ou mesmo à restauração do meio ambiente. Um aspecto relevante a ser

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado na categoria comunicação oral – Congresso Mineiro de Engenharia e Arquitetura, realizado de 6 a 9 de novembro de 2018.

considerado é o uso eficiente da energia elétrica, que contribui para a conservação ambiental e possui grande importância no âmbito econômico-financeiro.

Para Queiroz (2011), grande parte do consumo de energia elétrica provém dos setores comerciais, industriais e de edificação, sendo que os sistemas de climatização correspondem a uma expressiva parcela deste consumo. Nos últimos anos, o país enfrentou uma intensa dificuldade financeira e, em 2018, ainda tenta se recuperar desta crise, porém a dependência por maiores quantidades de energia elétrica aprofunda ainda mais a falta de recursos financeiros. Logo, com o intuito de evitar o aumento dos custos para o consumidor final desta energia, torna-se mais do que necessário o uso eficiente de equipamentos, seja tornando-os mais modernos e econômicos, seja utilizando-os de forma mais racional e comedida, dentre outras medidas, sendo que essa transformação social torna-se mais viável do que a ampliação da demanda de energia elétrica.

Ao elaborar projetos de climatização, é fundamental optar por sistemas que minimizem os impactos ambientais e financeiros. A Fundação Educacional de Patos de Minas - FEPAM, mantenedora do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, pretende realizar a climatização do campus para proporcionar conforto térmico à comunidade acadêmica, e, diante de tal preocupação, optou por utilizar um sistema hidrônico, ou seja, que utiliza água gelada para transferência de calor, sendo recomendado pelo Ministério do Meio Ambiente através do programa brasileiro de eliminação de HCFC's (hidroclorofluorcarbonos). Esse sistema é considerado menos poluente e minimiza os custos de energia elétrica. Porém, para implantação deste projeto de climatização, poderá haver a necessidade de contratação de demanda, que exigirá melhorias na rede de distribuição da concessionária.

Com intuito de deixar o projeto ainda mais sustentável e com custo baixo, surgiu a pergunta: a utilização de termoacumulação poderá reduzir a necessidade de demanda de energia elétrica e ainda proporcionar menor custo ao projeto?

A termoacumulação é uma tecnologia capaz de promover a eficiência energética, pois permite a produção e armazenamento de energia térmica, utilizando água gelada ou gelo, por meio de equipamentos denominados *chillers*. Dessa forma, é possível reduzir a necessidade de demanda para obter a mesma capacidade térmica. Considerando que o aumento da demanda implica em elevado custo e, segundo Gedra (2009), em impactos ambientais indiretos, este trabalho se justifica na necessidade de evitar a ampliação da demanda de energia elétrica do campus UNIPAM.

O objetivo geral deste projeto é promover a eficiência energética na implantação do sistema de ar condicionado do UNIPAM, por meio da termoacumulação. Já os objetivos específicos são: realizar um diagnóstico energético para verificar se a termoacumulação irá proporcionar redução de custos quando comparado com o sistema sem termoacumulação; verificar se haverá necessidade ou não de contratação de demanda de energia; definir o método mais recomendado para implantar o sistema de termoacumulação, considerando a necessidade, a estrutura e a arquitetura do campus; bem como estimar a viabilidade financeira para implantar o sistema de termoacumulação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados os temas referentes à eficiência energética, termoacumulação com *chillers*, demanda e energia elétrica, meio ambiente e Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP. As principais fontes para esta pesquisa foram os órgãos reguladores e normativos brasileiros, a Organização para Avaliação de Eficiência, em inglês *Efficiency Valuation Organization* – EVO, que patrocinou a elaboração do PIMVP, bem como autores de teses e dissertações acerca dos temas supracitados.

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O termo Eficiência Energética descreve, segundo o MME (2010, p. 4), “a relação entre a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado”, ou seja, quanto menos energia for consumida na produção de um bem ou quanto mais bens se produz com o mesmo consumo de energia, mais eficiente energeticamente é este sistema. O MME (2010) destaca que a eficiência energética começou a se tornar uma preocupação mundial nos anos de 1970 no choque de preço do petróleo, em que se demonstrou que os combustíveis fósseis teriam custos crescentes.

Além dos custos, a necessidade de minimizar os impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis também incentivou vários países a buscarem meios para uso eficiente da energia, bem como a investirem em formas alternativas de energia. No Brasil, a eficiência energética teve maior foco após o racionamento de energia ocorrido em 2001.

Duas consequências positivas se sobressaíram diante da crise vivenciada no setor elétrico brasileiro em 2001, sendo a busca de soluções pela sociedade e a valorização da eficiência no uso de energia, permitindo assim a conscientização de que a eficiência energética deve “fazer parte, de forma definitiva, da política energética nacional, mediante a valorização das iniciativas já em andamento no País, o desenvolvimento de produtos e processos mais eficientes e a intensificação de programas que levem à mudança nos hábitos de consumo” (ELETROBRAS, 2005, p. 9).

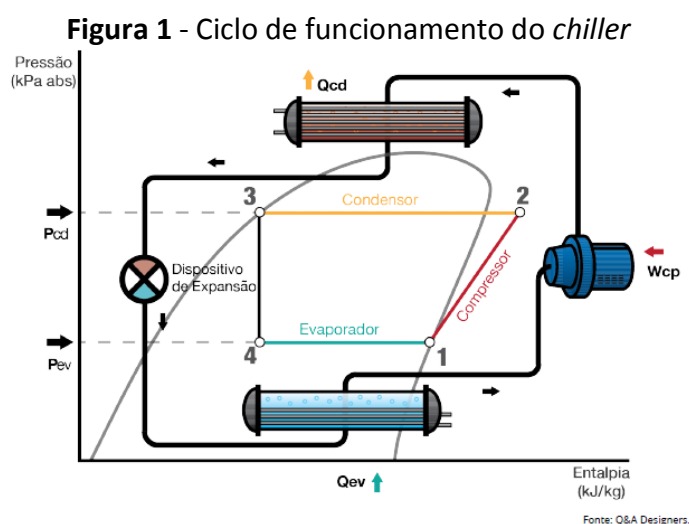
Ainda de acordo com Eletrobras (2005), em alguns casos, expressivas economias só podem ser alcançadas com mudanças de procedimentos e de hábitos, impactando também o meio ambiente de forma positiva. No âmbito econômico, por exemplo, observa-se a crescente valorização da imagem de empresas e instituições por meio de produtos e ações que demonstram comprometimento com a sustentabilidade, tornando-os preferenciais no mercado.

Um exemplo de ação sustentável é a utilização de um sistema de climatização que proporcione conforto térmico atendendo às recomendações do MMA. Dentre elas destaca-se o sistema de água gelada através de *chillers* que permitem a termoacumulação.

## 2.2 TERMOACUMULAÇÃO COM CHILLERS

A Termoacumulação pode ser definida como o armazenamento de energia térmica em blocos de gelo ou tanques de água gelada. De acordo com Queiroz (2011), essa tecnologia pode ser utilizada por aqueles que possuem grande demanda energética em horários de maior tarifação (horário de ponta), permitindo a transferência da carga térmica no tempo, ou seja, produzir a carga térmica fora do horário de ponta para utilizá-la no horário de ponta, reduzindo assim os custos com energia elétrica.

Para realizar a termoacumulação, são utilizadas máquinas denominadas *chillers*, que são destinadas à geração de carga térmica. O *chiller* com ciclo de compressão a vapor possui circuito fechado, que consiste em evaporação, compressão, condensação e expansão conforme enumerado na Figura 1 - Ciclo de funcionamento do *chiller*, indicando a variação da pressão e da entalpia do processo (MMA, 2017).



Fonte: MMA (2017, p. 21)

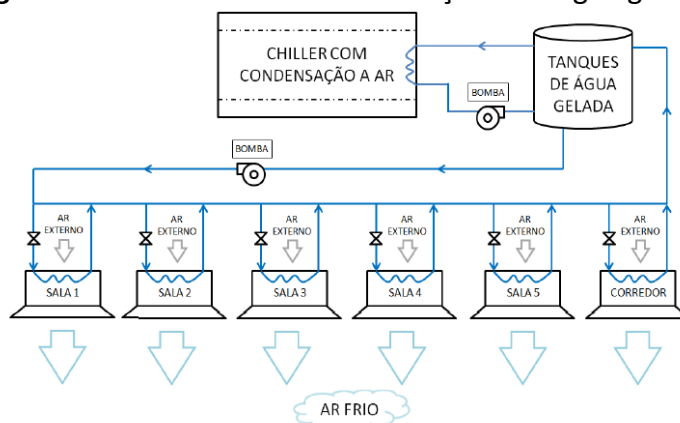
Existem diversas formas de se realizar a termoacumulação, havendo uma separação básica entre dois sistemas. Um sistema utiliza o acúmulo de água gelada e outro sistema utiliza gelo.

O sistema de termoacumulação com água gelada possui algumas variações de sua concepção, no entanto o sistema mais utilizado possui um reservatório com capacidade elevada para o armazenamento de água. A velocidade da água que entra e sai do reservatório é baixa para que seja garantida a separação por diferença de densidade entre a água gelada e a água quente, sendo a água quente aquela que retorna dos ventiladores denominados *fan-coils* (MMA, 2017).

A Figura 2 - Sistema de termoacumulação com água gelada apresenta uma das possíveis variações do sistema, ilustrando um *chiller* para resfriamento da água que será enviada para o reservatório de água gelada através de uma bomba. Outra bomba

é utilizada para enviar água gelada do reservatório aos equipamentos de ar no interior das salas.

**Figura 2** - Sistema de termoacumulação com água gelada



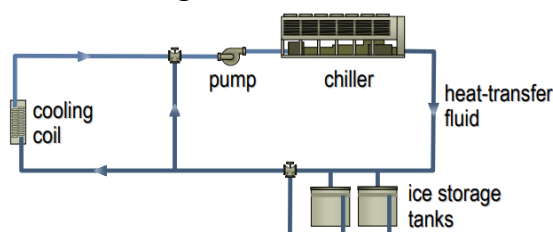
Fonte: Nazareth; Moura (2013, p. 9)

A instalação de um sistema de termoacumulação possibilita a redução da potência dos *chillers* e o valor dessa redução dependerá do método de produção da água gelada a ser acumulada, podendo ser total ou parcial. No método de carga total, os *chillers* são utilizados para produção da carga apenas por um período de tempo, quando a geração de frios não é necessária, e mantêm-se desligados durante a geração de frios. Já no método de carga parcial, os *chillers* funcionam geralmente de forma ininterrupta, armazenando a carga nos períodos de pouca ou nenhuma demanda e utilizando a carga armazenada para complementar a produção durante os períodos de maior demanda (MMA, 2017).

O sistema de termoacumulação utilizando água gelada possui, no entanto, algumas desvantagens quando o espaço e o peso são problemas na instalação. Devido ao grande volume do tanque de água, este sistema pode se tornar inviável. Como o gelo consegue fornecer 80kcal/kg de resfriamento, enquanto a água fornece apenas 8kcal/kg, a utilização de termoacumulação com gelo pode ser uma solução (KOBAYAKAWA, 2011).

A termoacumulação com gelo tem processo semelhante ao da termoacumulação com água, no entanto o *chiller* deve ser preparado para fazer gelo.

Assim como ocorre no sistema de água gelada, existem várias formas de realizar a termoacumulação com gelo, e uma delas é o *ice-bank*, que consiste em um tanque com serpentina enrolada em forma de espiral em seu interior. Por dentro da serpentina circula uma solução de água com etileno-glicol e por fora fica armazenada a água ou o gelo, que, neste caso, não é colocada em circulação. O *chiller* tem ajuste de temperatura duplo, permitindo um funcionamento para ciclo de carga (fabricando gelo) e um ajuste para o ciclo de queima (o gelo derrete para resfriar mais a água). Na Figura 3 - *Ice bank* podemos notar que o fluxo de água pode passar por dentro dos tanques de gelo (KOBAYAKAWA, 2011).

**Figura 3 - Ice bank**

Fonte: Trane (2012, p. 2)

O sistema de termoacumulação com gelo tem as vantagens de ocupar um menor espaço e ter menor peso, quando comparado com o sistema de termoacumulação com água gelada. No entanto, com a alteração da máquina para fabricação de gelo, ocorre uma perda no desempenho, que, de acordo com Kobayakawa (2011), é na ordem de 10%, ou seja, a termoacumulação com gelo possui maior necessidade de demanda e energia.

### 2.3 DEMANDA E ENERGIA

A termoacumulação é utilizada principalmente para reduzir a necessidade de contratação de demanda de energia e também para evitar o uso de cargas de alto consumo no período do horário de ponta. Para a ANEEL, conforme Resolução Normativa nº 414 de 09 de setembro de 2010, a demanda é definida como sendo a

média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente.

Em outras palavras, demanda significa a quantidade de energia que a concessionária deve ser capaz de fornecer para determinada instalação funcionar.

A contratação de demanda implica em elevados custos. No entanto, ao utilizar a termoacumulação, é possível mitigar tais custos, resultando na eficiência energética do sistema, sendo que todos os procedimentos devem ser realizados com sustentabilidade, visando sempre os cuidados com o meio ambiente.

### 2.4 MEIO AMBIENTE

Em 1987, um acordo chamado Protocolo de Montreal foi firmado por 197 países, e tratava de substâncias que destroem a camada de ozônio. Desde então, as preocupações com o meio ambiente cresceram e, em 1990, foi criado o Fundo Multilateral, proporcionando investimentos para redução de gases poluentes (MMA, 2017).

Em 2005, foi aprovado na 47ª reunião do Comitê Executivo do Fundo Multilateral um projeto para gerenciamento de *chillers* com o objetivo de apoiar tecnicamente o mercado na utilização de equipamentos mais eficientes e livres de substâncias que destroem a camada de ozônio (MMA, [s.d.]).

Recentemente, em 2015, um novo acordo foi firmado, conhecido como Acordo de Paris (COP21). Esse acordo teve participação de 195 países, que se comprometeram a reduzir as emissões de gases poluentes. (MMA, [s.d.]).

O MMA incentiva a realização de projetos de eficiência energética por meio de treinamentos e financiamentos. Para realização destes projetos são utilizados os parâmetros estabelecidos no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP, elaborado com incentivo da Organização para a Avaliação de Eficiência – EVO.

## 2.5 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE – PIMVP

O PIMVP define os conceitos e opções para a determinação de economias de energia e de água com o objetivo de “aumentar os investimentos na eficiência energética e no consumo eficiente de água, na gestão da demanda, e nos projetos de energia renovável em todo o mundo” (EVO, 2012, p. 18).

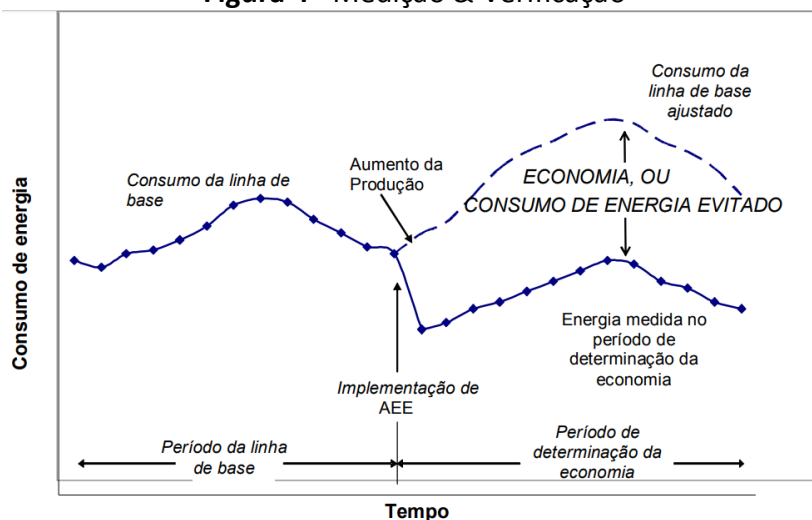
Esse protocolo estabelece os critérios para Medição e Verificação (M&V), para determinar com segurança a real economia obtida. Para realizar a medição, o PIMVP sugere a comparação do consumo antes e depois de se implantar uma Ação de Eficiência Energética –AEE (EVO, 2012).

O PIMVP destaca também a importância em estabelecer corretamente as variáveis independentes, que são as variáveis que definem o consumo de energia (EVO, 2012). A partir da definição das variáveis independentes, deve ser realizada a elaboração da linha de base, que deve ser feita antes de realizar a AEE. A linha de base é uma estimativa de consumo do aparelho, que deve considerar também possíveis ajustes que possam afetar diretamente o consumo, como, por exemplo, um aumento ou uma redução de produção. Essa estimativa permite estipular o consumo “fantasma”, ou seja, determina qual seria o consumo se o aparelho ainda estivesse instalado (EVO, 2012).

A Figura 4 - Medição & Verificação - demonstra as medições realizadas antes e depois de uma AEE. O período da linha de base corresponde ao período de medição antes da AEE, em que foram definidas as variáveis independentes e o consumo da linha de base. Após realizar a AEE, no período de determinação da economia, foi feita a medição do consumo real juntamente com a estimativa do consumo da linha de base ajustado, considerando que houve aumento de produção logo após a implementação da AEE. Dessa forma, foi possível obter a economia ou o consumo de energia evitado.



**Figura 4 - Medição & Verificação**



Fonte: EVO (2012, p. 8)

De acordo com EVO (2012), para a verificação do resultado utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\text{Economia} = (\text{Consumo ou Demanda durante o período da linha de base} - \text{Consumo ou Demanda durante o período de determinação da economia}) \pm \text{Ajustes}$$

Ainda de acordo com EVO (2012), por meio desses conceitos e procedimentos estabelecidos no PIMVP, é possível também estimar o consumo e a demanda de energia que seriam obtidos caso a AEE fosse realizada. Essa estimativa é realizada considerando a carga térmica necessária e a potência dos equipamentos, sendo possível, portanto, avaliar a viabilidade financeira da AEE.

## 2.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Para realizar o cálculo de viabilidade financeira de uma AEE, a ANEEL (2013) estabeleceu parâmetros por meio do guia Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, em seu sétimo módulo, sendo que o principal critério é a Relação Custo Benefício – RCB. O projeto é considerado viável quando os benefícios obtidos com a AEE são maiores que os benefícios que seriam obtidos com a expansão do sistema elétrico.

Neste guia são descritas as fórmulas que devem ser utilizadas para calcular a RCB, que em resumo são representadas pela fórmula da Figura 5 - Cálculo RCB. Para realização dos cálculos, o PROPEE estabelece que a “energia economizada, medida em MWh, e a redução de demanda no horário de ponta (posto tarifário ponta), medida em kW, são os principais indicadores quantitativos para projetos de eficiência energética” (ANEEL, 2013, p. 5).



**Figura 5 - Cálculo RCB**

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T}$$

$CA_T$	Custo anualizado total	R\$/ano
$BA_T$	Benefício anualizado	R\$/ano

Fonte: ANEEL (2013, p. 11)

Segundo a ANEEL (2013), a RCB norteia a avaliação da viabilidade econômica de um projeto de eficiência energética, sendo que o resultado deste cálculo deve ser menor ou igual a 0,8 (oito décimos) para que a AEE seja considerada viável economicamente.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi um estudo de caso, cujos objetos de estudo são o sistema de ar condicionado existente no bloco C do campus do UNIPAM e o projeto existente para implantação do sistema de ar condicionado nos blocos A, B, D, E, F, G, H, I e N. Segundo Appolinário (2012, p. 81), o estudo de caso consiste em analisar um único sujeito, e que normalmente é considerado como uma pesquisa descritiva “cuja finalidade é compreender intensivamente um fenômeno típico, presumindo-se que, posteriormente, a partir desse estudo, novas pesquisas possam ser realizadas, dessa vez com maior número de sujeitos”.

Ainda segundo Appolinário (2012, p. 8), este tipo de estudo pode ser classificado como qualitativo e exploratório, pois objetiva investigar um fato atual presente na vida real, e ainda destaque que “quando o nosso conhecimento acerca do fenômeno a ser investigado é por demais incipiente, convém realizar um estudo de caso para compreender melhor quais são as variáveis envolvidas, as características básicas do fenômeno etc.”

Para realização da pesquisa, inicialmente foi realizado o levantamento dos dados do projeto do sistema de ar condicionado implantado no bloco C do campus do UNIPAM, bem como do projeto proposto para os demais blocos (A, B, D, E, F, G, H, I e N), coletando as informações de quantidade de máquinas e a capacidade térmica de bloco. Também foram coletados os dados da central térmica de água gelada localizada na cobertura do bloco B.

Após o levantamento dos dados dos equipamentos, foram realizadas medições do funcionamento dos equipamentos instalados no bloco C, coletando os dados de temperatura de saída da água do *chiller*, capacidade demandada do funcionamento do *chiller*, potência elétrica e energia consumida pelo sistema. A partir dos valores obtidos, foi realizada a estimativa de consumo de energia elétrica após a implantação do sistema de ar condicionado nos demais blocos.

Posteriormente, foi feita a definição do melhor método de termoacumulação para o sistema, considerando os custos de implantação, operação e manutenção, a arquitetura física do UNIPAM, o impacto visual e o impacto ambiental. Para definição do método, foi elaborada uma planilha de análise de viabilidade financeira que leva em consideração o regime de operação do *chiller* e o custo com demanda e energia no

horário de ponta e fora de ponta da concessionária CEMIG. A planilha foi desenvolvida com base nos parâmetros do PIMVP e no PROPEE e preenchida com informações de placa dos equipamentos e com informações reais coletadas para determinação da demanda de energia real necessária e também do consumo. Assim foi possível determinar o retorno do custo benefício – RCB.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em levantamento baseado no projeto do sistema de ar condicionado implantado no bloco C do campus do UNIPAM, bem como no projeto proposto para os demais blocos (A, B, D, E, F, G, H, I e N), foram obtidos os dados apresentados na Tabela 1. Cargas térmicas por bloco.

**Tabela 1.** Cargas térmicas por bloco

Bloco	Quantidade de equipamentos	Carga Térmica [TR]
A	9	240
B	5	99,15
C	52	126,3
D	59	140,65
E	55	155,05
F	99	220,85
G	103	245,95
H	102	234,3
I	80	193,4
N	104	240,5
Total	668	1896,15

Fonte: O autor (2018)

A central térmica de água gelada existente na cobertura do bloco B, conforme Figura 8 – Central Térmica Bloco B possui um *chiller* com capacidade térmica de 185 TR, além das bombas dos circuitos de água primário e secundário. Consta ainda espaço para instalação de mais um *chiller* de 185 TR e um de 90 TR e também estrutura para suportar até 100 toneladas de equipamentos para termoacumulação, conforme projeto estrutural.

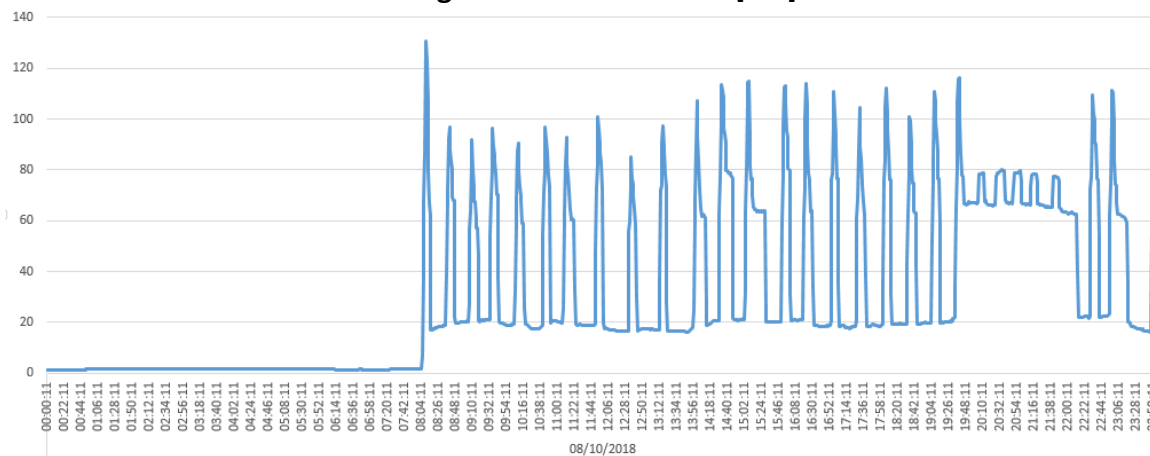
**Figura 6** – Central Térmica Bloco B



Fonte: O autor (2018)

Na área onde se encontra o *chiller* existe uma subestação de energia onde foi instalado um analisador de qualidade de energia para obtenção dos dados relacionados à potência e consumo de energia elétrica do sistema de climatização existente. Neste local contém ainda um Controlador Lógico Programável – CLP, que controla o funcionamento do *chiller* e fornece dados da capacidade demandada do *chiller* e a temperatura de saída de água gelada, conforme demonstrado nas Figuras 7 - Potência ativa [kW], 10 - Capacidade demandada do *chiller* [%] e 11 - Temperatura da água na saída do *chiller* [°C].

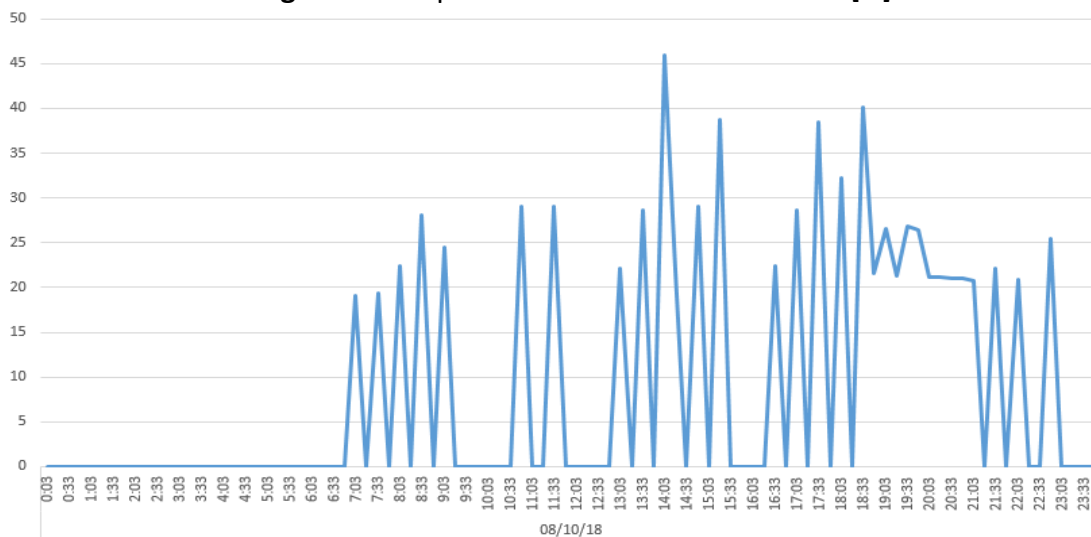
**Figura 8 - Potência ativa [kW]**



Fonte: O autor (2018)

A Figura 9 - Potência ativa [kW] representa a medição da potência ativa no dia 08.10.18 do sistema de climatização, sendo o *chiller* responsável por consumir os valores acima de 20 kW e as bombas de água primária e secundária consomem a potência de 20 kW. Isto pode ser observado nos horários em que o sistema fica desligado (de 23h às 7h) e nos demais horários, mesmo com desligamento do *chiller* o valor se mantém em 20 kW.

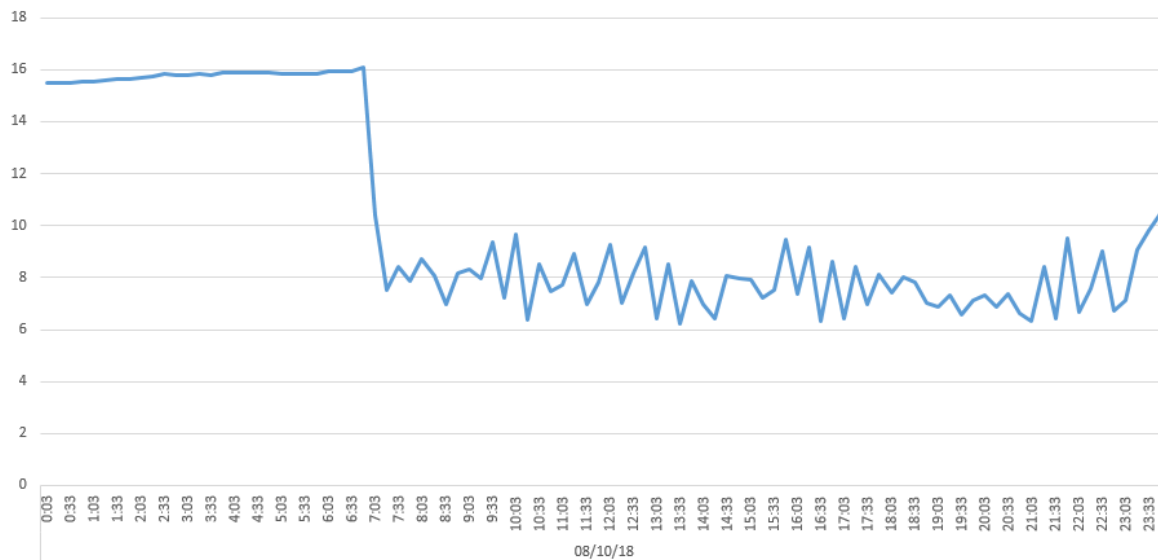
**Figura 10 - Capacidade demandada do *chiller* [%]**



Fonte: O autor (2018)

Na Figura 10 - Capacidade demandada do *chiller* [%] - está retratada a porcentagem da capacidade nominal do *chiller* utilizada para atender a temperatura de saída de água gelada. A partir deste gráfico, é possível calcular que o *chiller* utiliza em média 25% da capacidade nominal. Os picos acima de 25% podem ser supridos por termoacumulação.

**Figura 11 - Temperatura da água na saída do *chiller* [°C]**



Fonte: o autor (2018)

Já a Figura 11 - Temperatura da água na saída do *chiller* [°C] demonstra a temperatura de água gelada na saída do *chiller*, em que as variações estão dentro da faixa de histerese ajustadas no controlador, mantendo sempre em torno dos 7°C no horário de funcionamento do *chiller*.

Com base nas informações coletadas e apresentadas nos gráficos, foi possível verificar que a potência ativa, dada em kW (quilowatt), varia conforme a capacidade demandada do *chiller* e esta capacidade representa a variação de temperatura da água na saída do *chiller*.

De acordo com os dados coletados, e levando em conta a estrutura física, a arquitetura e os impactos ambiental e visual, foi considerado como melhor método o sistema de termoacumulação com gelo em circuito fechado, pois ocupa menor espaço, já que o gelo tem capacidade de carga térmica cinco vezes maior que a água, além de possuir menor peso.

Após realizar as medições e a definição do melhor método, foi elaborada uma planilha para realizar o cálculo de viabilidade financeira, ou seja, Relação Custo – Benefício (RCB) para implantar a termoacumulação no bloco C. A Tabela 2 – RCB demonstra o resumo dos cálculos, em que foram considerados a vida útil dos equipamentos de 20 anos, a taxa de desconto de 8% e o custo de implantação em R\$ 150.000,00.

**Tabela 2. RCB Bloco C**

Descrição	Valores
Custo anualizado	15.277,83
Benefício anualizado	33.267,68
RCB	0.459

Fonte: O autor (2018)

Para todo o sistema de ar condicionado hidrônico do campus, estima-se que a potência média utilizada após sua implantação seja de 1060 kW, com consumo de energia de 2000 MWh/ano. Com a implantação da termoacumulação, estima-se que a potência média será de 568 kW e o consumo de energia de 2433 MWh/ano. Considerando o mesmo tempo de vida útil, a mesma taxa de desconto e o investimento de R\$ 1.000.000,00, o RCB é representado na Tabela 3 – RCB campus.

**Tabela 3. RCB campus**

Descrição	Valores
Custo anualizado	101.852,21
Benefício anualizado	252.026,98
RCB	0.404

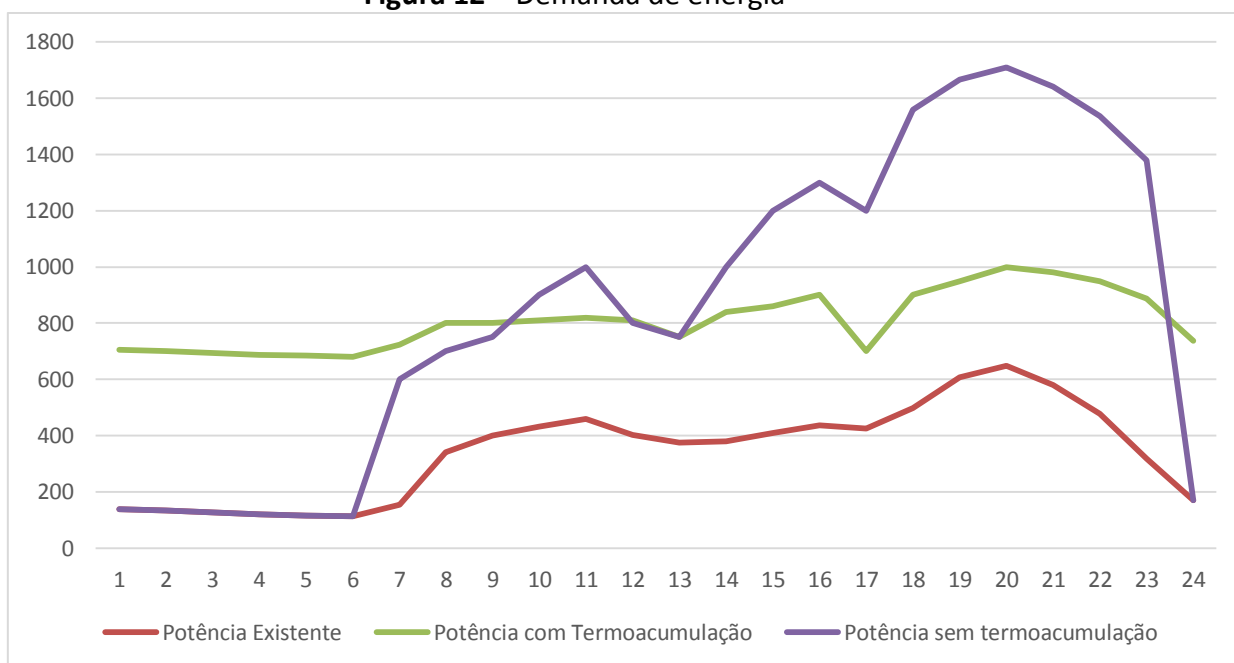
Fonte: o autor (2018)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu analisar a necessidade energética do campus do UNIPAM para implantação do sistema de ar condicionado, sendo avaliada a viabilidade de implantar a termoacumulação, que permite o armazenamento de carga térmica. Considerando a estrutura do campus e minimizando impactos ambientais e visuais, o método de termoacumulação com gelo foi definido como o mais recomendado, devido às suas vantagens em relação ao espaço e peso.

Após realizar os cálculos de viabilidade financeira, foi possível obter boa Relação Custo-Benefício (RCB). Conforme o PROPEE, o investimento é considerado viável caso os cálculos retornem um valor abaixo de 0,8. Dessa forma, ao obter o RCB de 0,459 para o bloco C e de 0,404 para todo o campus, foi possível concluir que a termoacumulação é viável e permite redução da demanda de energia. Assim, não será necessária a contratação de demanda.

A Figura 12 – Demanda de energia - ilustra tal viabilidade, apresentando a potência existente, a potência estimada após a implantação da termoacumulação e a potência estimada sem termoacumulação.

**Figura 12 – Demanda de energia**

Fonte: O autor (2018)

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE: Módulo 7 – Cálculo de Viabilidade.** 2013. 17 f. [S.l.]. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset\\_publisher/94kK2bHDLPmo/content/ojfljkdasfbskd-vsvjbd/656831?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_94kK2bHDLPmo%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D2](http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/ojfljkdasfbskd-vsvjbd/656831?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fprograma-eficiencia-energetica%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_94kK2bHDLPmo%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2). Acesso em: 26 maio 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa n. 414 de 09 de setembro de 2010. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF, v. 177, p. 115-136. set. 2009.

APPOLINÁRIO, Fabio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

BRASIL, Ministério de Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 12 maio 2018.

BRASIL, Ministério de Meio Ambiente. **Ar condicionado: manual sobre sistemas de água gelada.** Brasília, DF: MMA, 2017. v. 1 (conceitos sobre *chillers* e sistemas de água

gelada). 109 p. Disponível em:

[http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/gerenciamento\\_chillers/V1\\_Manual\\_Agua\\_Gelada.pdf](http://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/gerenciamento_chillers/V1_Manual_Agua_Gelada.pdf). Acesso em: 03 nov. 2017

BRASIL, Ministério de Meio Ambiente. **Projeto de gerenciamento de chillers.**

Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/acoes-brasileiras-para-protecao-da-camada-de-ozonio/programa-brasileiro-de-eliminacao-dos-hcfc-pbh/projeto-de-gerenciamento-de-chillers>. Acesso em: 15 maio 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Nota Técnica DEA 14/10: Análise da eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010 – 2019).** Rio de Janeiro: MME, 2010. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809\\_4\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809_4[1].pdf). Acesso em: 10 maio 2018

ELETROBRAS. **Eficiência energética em sistemas de bombeamento.** Rio de Janeiro: Eletrobras, 2005. 272 p. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=&params=itemID=%7B75A3447D-B777-4597-80AA-8686AECB7A62%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>. Acesso em: 05 jun. 2016.

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION – EVO. **Protocolo de Medição e Verificação de Performance - PIMVP: Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água.** Tradução Fernando C. S. Milanez. Toronto, Canadá, v. 1. 2012. 125 p.

GEDRA, Ricardo Luís. **Análise de viabilidade financeira para obtenção de créditos de carbono em projetos de eficiência energética.** 2009, 113 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-21072009-151500/pt-br.php>. Acesso em: 17 maio 2018.

KOBAYAKAWA, Fábio Akio. **Eficiência energética em ar condicionado e refrigeração através da aplicação da termodinâmica.** 2011. 59 f. Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Disponível em: <https://slidex.tips/download/unesp-faculdade-de-engenharia-do-campus-de-guaratingueta-12>. Acesso em: 11 mar. 2018.

NAZARETH, Felipe Medeiros de; MOURA, Renato Cade. **Estudo de viabilidade econômica para a implantação de um sistema de ar condicionado utilizando a termoacumulação.** 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico da



Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em [http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2012-2\\_renato\\_cade\\_moura\\_e\\_felipe\\_medeiros.pdf](http://mecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2012-2_renato_cade_moura_e_felipe_medeiros.pdf). Acesso em: 12 maio 2018.

QUEIROZ, Patrícia Valéria Sathler de. **Mensuração do consumo de energia elétrica:** algoritmo para detecção de potenciais usuários da termoacumulação como alternativa para deslocamento de carga. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Metrologia para a Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0913478\\_2011\\_cap\\_4.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0913478_2011_cap_4.pdf). Acesso em: 12 maio 2018.

TRANE Air Conditioning Clinic. **Ice Storage Systems.** One of the Systems Series. 2012. 99 f. [S.l.].