

**FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**HIAGO CARDOSO DE SOUZA
STÉPHAN PALAURO RECLA**

**ESTUDO PRELIMINAR DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE UM
TERMOACUMULADOR EM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PROPOSTO
PARA A FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ**

**ARACRUZ – ES
2019**

**HIAGO CARDOSO DE SOUZA
STÉPHAN PALAURO RECLA**

**ESTUDO PRELIMINAR VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE UM
TERMOACUMULADOR EM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PROPOSTO
PARA A FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação de Engenharia Mecânica das Faculdades Integradas de Aracruz, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Esp. Patrik Borges do Nascimento Leal

**ARACRUZ – ES
2019**

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades. Ao orientador, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho. Aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação. Muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho tem como tema o uso da termoacumulação como alternativa para redução de tarifa na conta de energia elétrica. Onde o objetivo é estudar de forma preliminar se a implantação de um termoacumulador de água gelada no sistema proposto anteriormente teria impacto significativo no valor da conta de energia da FAACZ. O trabalho é feito por meio da revisão de literatura e análise dos dados do estudo de Stein et.al (2017). A proposição da utilização do método de termoacumulação seria uma melhoria do trabalho utilizado como base, que apresenta um sistema de refrigeração por *chiller* sem termoacumulador. A escolha desse tema surgiu a partir da percepção de que os aparelhos de ar-condicionado são itens de grande impacto no valor na conta de energia de construções tanto domésticas, quanto comerciais. A ideia principal do trabalho é a utilização de um tanque de água gelada, que seria utilizada pelo sistema de refrigeração no horário do dia em que a tarifa de energia elétrica é significativamente mais alta. Com a implantação do termoacumulador, o valor na redução na conta de energia seria de mais de R\$30.000,00 por mês, que equivale a aproximadamente 90% do valor da conta utilizada como referência. Além disso, o sistema possui vantagens técnicas que ajudariam a melhorar na utilização diária e na manutenção do sistema de refrigeração da faculdade.

Palavras Chave: Termoacumulador. Termoacumulação. Viabilidade. Energia.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 ENERGIA ELÉTRICA	9
3.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	11
3.2.1 Chiller	13
3.3 TERMOACUMULAÇÃO	13
3.3.1 Sistemas de Armazenamento	14
3.3.1.1 Armazenamento Total	14
3.3.1.2 Armazenamento Parcial	15
3.3.1.3 Acumulação de Gelo	16
3.3.1.4 Acumulação de Água Gelada	16
3.3.2 Tanque	17
3.3.2.1 Estrutura e Geometria	17
3.3.2.2 Isolamento	18
4 ESTUDO DE CASO	19
4.1 FACULDADE	19
4.2 METODOLOGIA UTILIZADA E RESULTADOS	19
5 METODOLOGIA	24
5.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	24
5.2 MODALIDADE TARIFÁRIA	24
5.3 TERMOACUMULADOR	24
5.3.1 Volume de Água Armazenada	24

5.3.2 Tempo de Carga do Tanque	25
5.3.3 Isolamento Térmico.....	25
5.3.4 Orçamento	26
5.3.5 Comparação dos Custos da Energia Elétrica	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
7 CONCLUSÃO	32
8 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	33
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia per capita aumentou drasticamente, principalmente devido ao aumento populacional e inovação tecnológica. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), em 2014 o consumo médio por habitante foi de 1.920,58 kWh/hab. Sendo que no Brasil este consumo está em 2.601 kWh/hab., acima da média mundial (THE WORLD BANK, 2014).

O uso de eletrodomésticos ligados ao condicionamento de ambientes em residências corresponde a 20% de todo o consumo de energia elétrica, de acordo com a pesquisa de posse e hábitos no consumo de energia realizada pela Eletrobrás no período de 2004/2006. Em edificações comerciais, o valor seria de aproximadamente 47%. (PROCEL, 2006).

As informações apresentadas são indicadores que servem de exemplo para monitorar políticas direcionadas à eficiência energética. Diante disso, o tema energético é investigado no campo científico, acadêmico e técnico, desde a conservação e uso de fontes renováveis, como por meio de novas alternativas de redução do consumo de energia.

Dentro deste marco, a termoacumulação aparece como conceito tanto para conservação, como para redução do custo energético. Esta solução é vista como um elemento para eliminar a dependência entre o que é ofertado pelas empresas energéticas e o que é consumido em determinado estabelecimento comercial e residencial.

Este trabalho, direciona seu foco à termoacumulação e a um estudo preliminar de sua viabilidade em sistema proposto para Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ), onde se observa um custo excessivo de energia devido ao tamanho da edificação, 89 ambientes que demandam um alto valor de energia, através da refrigeração tipo Split System. Neste sentido, pretende-se verificar o custo/benefício na implantação de um sistema à base de termoacumulação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- ✓ Realizar uma análise prévia da viabilidade técnica e financeira da implantação de um termoacumulador de água gelada em sistema de refrigeração proposto para FAACZ.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar o gasto em energia elétrica no sistema sem o termoacumulador;
- ✓ Calcular o volume necessário de água para suprir a demanda de refrigeração durante o período de ponta;
- ✓ Comparar os custos de operação do sistema proposto anteriormente com o sistema utilizando a termoacumulação;
- ✓ Analisar as vantagens do sistema de refrigeração por termoacumulação em comparação ao sistema proposto anteriormente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ENERGIA ELÉTRICA

Há um grande interesse das instituições públicas e privadas em relação a redução de consumo e conservação energética. Desta maneira, o uso responsável é referenciado entre diferentes consumidores que tem como finalidade diminuir o total a ser pago pela prestação do serviço público de energia elétrica. Frente a isso, observa-se também um aumento em pesquisas que buscam uma parametrização das tarifas e preços para diferentes tomadas de decisões, em projetos que visam reduzir e conservar energia elétrica (PROCEL, 2006).

O Brasil, atualmente, conta com um sistema de classes de consumo, de acordo com os tipos de consumidores (baixa tensão e alta tensão). De acordo com a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2017), o termo Baixa Tensão está relacionado aos consumidores residenciais e Alta Tensão ao consumo comercial e industrial. A estrutura tarifária é descrita segundo o tipo de estabelecimento: comercial ou rural. Ressalta-se a Tarifa Social de Energia Elétrica (Decreto nº 7.583 de 2011) que provém descontos a determinados grupos de consumidores, como por exemplo, indígenas, pessoas com deficiências, entre outros (ANEEL, 2017).

Prevalece um Sistema de Bandeiras Tarifárias, em que o consumo pode ser definido, segundo as condições de geração de energia elétrica. Neste caso, a bandeira verde significa que as condições são favoráveis e não ocorre acréscimos tarifários. A partir da bandeira amarela, os acréscimos são R\$ 0,010 kWh/consumo, bandeira vermelha, patamar 1 - acréscimo de R\$ 0,030 kWh/consumo e patamar 2 - acréscimo de R\$ 0,050 kWh/consumo (ANEEL, 2017).

Em uma revisão de literatura observa-se que alguns autores descrevem sobre a modalidade tarifaria que decorre da verificação do comportamento de consumo e demanda em determinados horários, tais quais são importantes na tomada de decisões de projetos visando a redução do consumo de energia elétrica (SAMPAIO, 2006; SILVA et al., 2013; TOMÉ, 2014).

Em referência ao período que abrange as leituras de consumo, deve-se ter em conta que o Período Seco vai de maio a novembro. Já o Período Úmido condiz aos meses de dezembro a abril.

Além disso, a análise tarifária deve considerar os horários do dia chamados de “ponta” e “fora de ponta”. O horário compreende entre 18 e 21 e entre 19 e 22 horas (durante o horário de verão). A hora fora de ponta relaciona-se ao restante do dia e finais de semana (SAMPAIO, 2006; LEE, 2007; KOBAYAKAWA, 2011; SILVA et al., 2013).

Ressalta-se que conforme cada período as tarifas são definidas entre Convencional, Azul e Verde. A tarifa convencional relaciona-se a um consumo em tensão inferior a 2300V, com demanda contratada inferior a 300kW, ainda é necessário que o consumidor não tenha optado pela tarifa horossazonal. Neste caso a tarifa não tem diferenciação, ou seja, é independente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Por conseguinte, as tarifas horossazonais tem seus preços diferenciados de acordo com a hora do dia e o período do ano (SAMPAIO, 2006; KOBAYAKAWA, 2011).

Para Sampaio (2006), estas “tarifas são destinadas a consumidores que tem alto fator de carga no horário de ponta, com capacidade de modulação de carga em horários”. A tarifa azul é composta por tarifas diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano. A tarifa azul está disponível a todos os consumidores ligados à alta tensão, obrigando a aplicação aos consumidores dos níveis A-1, A-2, A-3 e A-4, sendo opcional para os demais níveis.

Explica Tomé (2014) sobre a tarifa horossazonal, criada como meio de redução da demanda, através de um estímulo econômico, chamado de GLD ou DSM (*Demand-Side Management*). O objetivo é diminuir o consumo em horário de pico com a oferta de valores de tarifas diferenciadas (postos tarifários).

De acordo com Kobayakawa (2011) se faz necessário classificar o sistema tarifário por tipo de consumidor, conforme apresenta-se no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação do tipo de consumidor de energia elétrica

Grupo	Tipo de consumo
Grupo "A"	Consumidores com tensão fornecida igual ou superior a 2300 V ou abaixo deste valor quando atendido a partir de sistema subterrâneo.
	Grupo "A1" – cuja tensão de fornecimento é igual ou superior a 230 kV
	Grupo "A2" – cuja tensão de fornecimento está entre 88 kV e 138 kV
	Grupo "A3" – cuja tensão de fornecimento é de 69 kV*
	Grupo "A3a" – cuja tensão de fornecimento está entre 30 kV e 44 kV
	Grupo "A4" – cuja tensão de fornecimento está entre 2,5 kV e 25 kV
Grupo "B"	Consumidores com tensão fornecida inferior a 2300 V. São subdivididos em três diferentes tarifas: residencial, rural e comercial.

Fonte: Kobayakawa (2011)

Neste sentido, qualquer análise sobre o consumo e demanda de energia elétrica, bem como o comportamento em relação ao uso, depende do tipo de tarifa. Para tanto, o consumidor para prover um uso mais eficiente e eficaz necessita se adequar, ao sistema tarifário (SILVA et al., 2013).

3.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Kosoy (2003) relata que os sistemas básicos de refrigeração passaram de uma análise termodinâmica a um uso variado de configurações com o propósito de reduzir a temperatura de uma substância, como por exemplo, para o armazenamento de medicamentos, alimentos perecíveis, entre outros. Segundo o autor a primeira pesquisa referente a teoria da refrigeração é de meados do século XVII realizada por F. Bacon e M. Lomonosov no século XVIII.

Ainda de acordo com Kosoy (2003), o sistema de refrigeração mecânica convencional é construído de forma que o calor seja transferido de uma substância para outra. Sendo assim quanto maior a diferença de temperatura entre as duas substâncias, mais rápido será o fluxo de calor. À medida que a temperatura das duas se iguala, o

fluxo de calor diminui até parar completamente. São três os métodos pelos quais o calor pode ser transferido de uma substância mais quente para uma mais fria: condução, convecção e radiação.

Atualmente várias pesquisas demonstram múltiplos usos de sistemas de refrigeração, entre as quais destaca-se os estudos de termoacumulação, onde o modelo se fundamenta na central de água gelada por meio de resfriamento de líquido (*chillers*). Descrevem Medeiros e Barbosa (2009), que neste caso, o sistema de refrigeração faz uso de fluido refrigerante capaz de vaporizar a temperaturas baixas, que não somente remove o calor das substâncias dotadas de altas temperaturas, como possibilita o resfriamento do ar ou da água. Logo é o *chiller* o principal equipamento em uma central de água.

Com base no conceito de Medeiros e Barbosa (2009), *chiller* é uma máquina térmica que opera, segundo o ciclo de refrigeração a vapor, onde o seu fluido de trabalho, do qual remove calor de um determinado meio a partir da mudança de fase. Para realizar o processo, os principais componentes são o compressor, dispositivo de expansão e evaporador.

Neste sentido, Fedalto (2010) em sua pesquisa realizada na fábrica Pirelli -Gravataí busca dimensionar um termoacumulador de água gelada através do sistema de refrigeração da empresa, onde constata que o acúmulo de água gelada gerada pelos *chillers* durante o horário fora de ponta e o desligamento dos mesmos no horário de ponta poderia gerar uma economia de 24% do valor gasto em energia elétrica durante o ano, sendo que esta redução poderia chegar a 27% nos meses de maior calor. A água gelada acumulada seria destinada para resfriamento de equipamentos e demais ambientes da fábrica.

Lima (2014), ao avaliar o sistema de ar condicionado de um shopping center, percebe que o desempenho de sistema de termoacumulação depende do desligamento do *chiller* em horas de ponta, onde a tarifação é maior.

3.2.1 Chiller

O *Chiller* pode ser considerado o principal equipamento de um sistema de refrigeração por água gelada. A água gelada produzida por ele, circula por uma rede de evaporadores, conhecidos como *fancoils*. (GUIA DO AR CONDICIONADO, 2018).

O sistema *chiller* geralmente é utilizado em aeroportos, indústrias farmacêuticas, hospitais, estações de metrô, ou seja, em locais onde há grande circulação de pessoas ou para equipamentos que necessitam de um sistema de refrigeração específico. O *chiller* utilizado como referência neste trabalho pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Chiller modelo Aquaforce 30XA (Carrier)



Fonte: Carrier do Brasil (2019)

3.3 TERMOACUMULAÇÃO

Termoacumulação é um procedimento para transferência do consumo energético dos horários de pico para horários fora de pico, com objetivo de diminuir os custos com

energia. O armazenamento do frio se dá ao resfriar água ou pela produção de gelo, ambos realizados pelo próprio equipamento de refrigeração, porém em horários, em que a demanda pela energia elétrica é menor, gerando assim um custo menor (SANTOS, 2006).

O frio armazenado é utilizado para a refrigeração do ambiente durante o horário de pico e usado em locais com alta demanda em um pequeno período, por exemplo, teatros e igrejas. Por ser um método seguro e que se obtém uma economia considerável, empresas energéticas estão buscando e desenvolvendo a termoacumulação para reduzir custos operacionais e em novos investimentos como usinas para geração de energia (SANTOS, 2006).

3.3.1 Sistemas de Armazenamento

A armazenagem do frio pode ser feita por duas maneiras: Armazenamento Total ou parcial e com acumulação de gelo ou de água gelada.

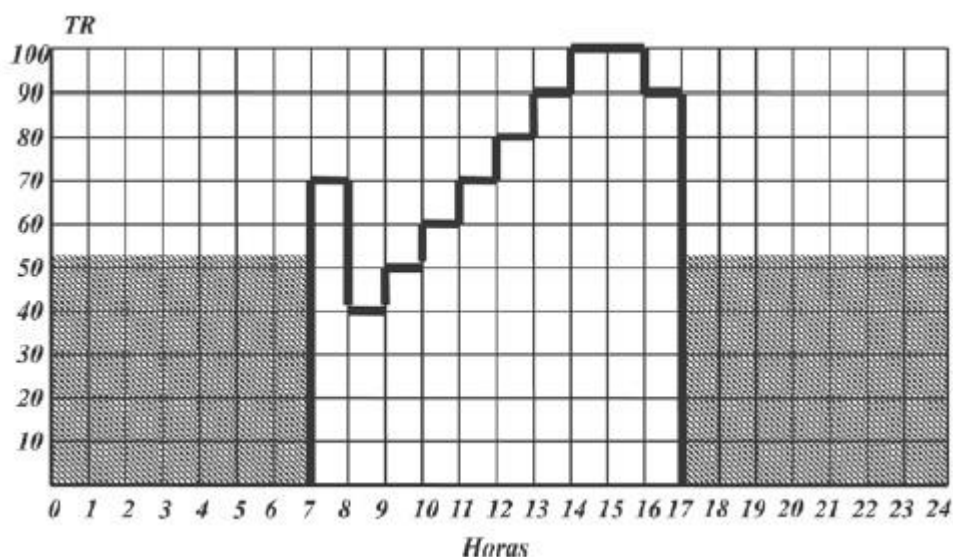
3.3.1.1 Armazenamento Total

Utiliza-se este método quando existe necessidade de deslocamento total da carga por diferenças na tarifa de energia, ou seja, quando o *chiller* é desligado durante o horário de pico e o sistema utiliza apenas o frio acumulado, para refrigerar o local. Nesse sistema, o *chiller* funciona, produzindo água gelada à noite, quando a demanda e o custo da energia elétrica são menores. (SANTOS, 2006).

A utilização do armazenamento total, mostrou-se mais eficiente no estudo de Sampaio (2006). Foi observada uma redução no custo da demanda contratada e do consumo da energia elétrica, que chegou a uma redução total de 33% no custo final. Trazendo benefícios para o consumidor e para a concessionária de energia.

A figura 2, demonstra o exemplo de um sistema de armazenamento total. No qual o *chiller* funciona das 17h até 7 h da manhã, resfriando a água que será acumulada, no período de 7h às 17 h ele será desligado e o sistema utiliza apenas a água gelada, acumulada para o condicionamento do espaço.

Figura 2 – Sistema de armazenamento total



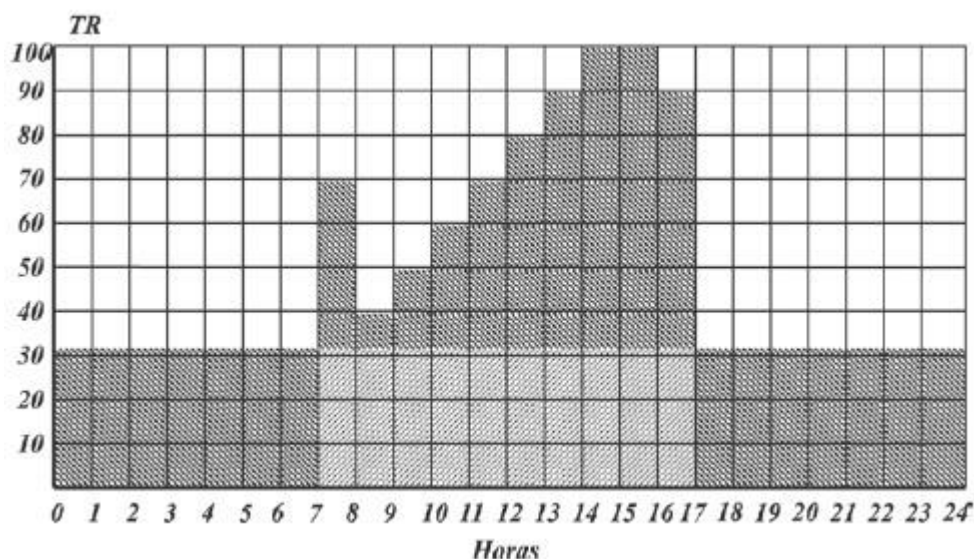
Fonte: Santos (2006)

3.3.1.2 Armazenamento Parcial

Este acontece, quando o *chiller* se mantém em funcionamento durante 24 horas, trabalhando durante à noite para resfriar água e durante o dia sendo utilizado, para atender o sistema de refrigeração, concomitantemente com o frio acumulado. Esse método pode ser empregado em conjunto com um *chiller* de capacidade de 50% a 60% menor (SANTOS, 2006).

A figura 3 ratifica um exemplo de sistema de armazenamento parcial. Nele o *chiller* funciona 24 horas, resfriando a água a ser acumulada no período em o que estabelecimento se encontra fechado e durante o dia trabalha no condicionamento do ambiente, em conjunto com a energia térmica armazenada.

Figura 3 – Sistema de armazenamento parcial



Fonte: Santos (2006)

3.3.1.3 Acumulação de Gelo

Como o próprio título induz, o gelo é o meio utilizado para o armazenamento de energia térmica, por ter 334KJ/Kg de calor latente à 0°C, temperatura de fusão da água, o mais elevado entre os materiais comuns. Tem um custo de instalação referente ao tanque menor, devido ao pequeno volume necessário para armazenamento de energia latente, quando comparada a energia sensível (ASHRAE, 2003).

Segundo Wulfinghoff (1999), “o gelo, quando comparado com o armazenamento de água, apresenta uma importante vantagem, pois oferece maior capacidade para armazenar energia em um mesmo volume”, ou seja, menor espaço necessário para estocagem.

3.3.1.4 Acumulação de Água Gelada

Um sistema de acumulação de água gelada, usa o calor sensível para armazenar frio. Para otimizar a quantidade de energia acumulada, deve-se levar em consideração um fator primordial, a diferença de temperatura da água gelada entrando no tanque, após

ser resfriada com a que retorna mais quente, isto é, quanto maior essa diferença, maior a capacidade de refrigeração armazenada (DORGAN e ELLESON, 1993).

De acordo com Ashrae (2003), a capacidade de condicionamento de ar de um sistema, que utiliza armazenamento de água gelada é proporcional à quantidade de fluido estocado e a diferença de temperatura de entrada e de saída da água do tanque, quanto maior for essa diferença, maior a eficiência do sistema, não podendo ser menor que 5°C.

Para Dorgan e Elleson (1993), os sistemas de armazenagem com diferencial de temperatura entre 6°C e 11°C necessitam de um volume normalmente entre 11 e 21 ft³, por tonelada-hora. Essa quantidade em volume necessário de fluido acumulado chega a ser de três a sete vezes maior que em sistemas de armazenamento de gelo. Assim sendo uma maneira econômica de estocagem de grande quantidade de energia, quando existe espaço disponível.

3.3.2 Tanque

3.3.2.1 Estrutura e Geometria

Para Ashrae (2003), os tanques de acumulação podem ser instalados de três maneiras: enterrados, parcialmente enterrados ou na superfície do solo. Os materiais geralmente utilizados na fabricação dos tanques são: concreto e aço.

Aço é empregado para tanques de pequeno ou grande porte, sendo os maiores feitos com placas de aço soldadas e os menores com volume entre 9 e 90 m³, são feitos com aço galvanizado, os quais necessitam proteção interna e externa contra corrosão e também isolamento térmico externo, por conta da alta condutividade do aço (DORGAN e ELLESON, 1993).

Ainda estes autores dizem que em tanques com 3800m³ ou mais, o concreto é o material recomendado, por ser mais econômico. São feitos de forma cilíndrica, por ter uma maior eficiência estrutural e por essa geometria ter uma relação superfície-volume menor que em tanques retangulares, evitando a perda de energia térmica.

3.3.2.2 Isolamento

Para um bom funcionamento de todo o sistema, o isolamento da superfície exposta do tanque é de suma importância, para manter a temperatura constante em seu interior, principalmente, quando se fala de tanques menores, em que a proporção da superfície da área para o volume de água é alta. A principal causa de perda do “frio” acumulado, dá-se pelo contato da água com a superfície do tanque, através das paredes, divisórias e do piso (ASHRAE, 2003).

Lima (2014) observa a relevância de certas condições importantes em uma central de água gelada, tais como a impermeabilização e isolamento térmico.

Neste sentido, Freitas (2012) destaca que um bom isolamento térmico evita a infiltração de ar externo para dentro da câmara. Adverte o autor que a eficácia de um sistema de termoacumulação depende também da verificação de fatores como exposição à radiação solar e condições ambientais (vento, chuva, etc.).

4 ESTUDO DE CASO

Descreve-se este estudo de caso com base a Fernando Stein et al (2017) que apresentou em seu Trabalho de Conclusão de Curso de “Estudo de Viabilidade de Implantação de uma Central de Água Gelada para Condicionamento de Ar nos Blocos A, B e C da FAACZ”.

4.1 FACULDADE

FAACZ – Faculdades integradas de Aracruz localizada em Aracruz, Espírito Santo, faz parte da Mantenedora São João Batista. A Faculdade tem início de suas atividades acadêmicas em 1990, com o curso de Ciências Contábeis. Atualmente, oferece os cursos de Administração, Ciências Contábeis, Direito, Enfermagem, Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil, de Produção, Química e Mecânica, Pedagogia, Logística, Recursos Humanos e pós-graduação. A infraestrutura da FAACZ é de uma área de 8.500 m² que se divide em (FAACZ, 2019):

- 54 salas de aula, auditório com capacidade para 220 pessoas;
- 4 Laboratórios de Informática, Laboratórios de Química, Física, Mecânica, Maquetes, Resistência dos Materiais, Soldagem, Metalografia, Laboratórios de Flúidos/Solos, Bioquímica/Microbiologia, Biologia Geral, Anatomia/Fisiologia e de Habilidades, Semiologia e Semiotécnica;
- Biblioteca com salas de estudos e pesquisas;
- 1 quadra poliesportiva coberta;
- 2 cantinas com área de convivência.

4.2 METODOLOGIA UTILIZADA E RESULTADOS

Segundo Stein et al (2017) os dados foram coletados de 87 ambientes em todos os blocos A, B e C da FAACZ com uma projeção de suporte a aproximadamente 2814 pessoas (Quadro 2,3 e 4).

O valor da carga térmica total dos ambientes da FAACZ foi obtido a partir da análise de diferentes fatores mostrados nos quadros 1,2 e 3, como:

- ✓ Carga térmica devido a insolação;
 - Paredes
 - Janelas
- ✓ Carga térmica devido a pessoas;
- ✓ Carga térmica devido aos equipamentos;
 - Iluminação
 - Motores
- ✓ Carga térmica da ventilação.

Quadro 1 – Dados do bloco A

		SALA	Capacidade Média Alunos	Potência (Kcal/h)			COP Ar Condicionado	Área (m²)		
				Ar Condicionado	Lâmpadas	Ventiladores		Janelas	Paredes Internas	Paredes Externas
BLOCO A	TÉRREO	A01	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A02	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A03	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		A04	25	9.071,84	576	206,00	3,47	7	70,76	15,08
		A05	40	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	91,3	13.86
		A06	25	9.071,84	576	206,00	3,47	7	70,76	15,08
		BIBLIOTECA	4	6.047,89	384	0,00	3,47	5,72	13.34	11,08
		A08	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	12,92	10.23
		A10	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A11	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A12	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A13	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A14	20	7.937,86	576	103,00	3,47	8.58	63,99	19,42
		A15	40	15.119,75	773	413,00	3,47	3.25	99.89	30.12
		A16	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A17	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A18	20	15.119,75	864	413,00	3,47	8,97	13,43	90,87
		A19	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		BIBLIOTECA	100	30.239,50	768	824,00	3,47	31.85	80.53	225.39
	1º ANDAR	A21	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A22	40	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	91,05	27,87
		A23	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	86,78	24.44
		A24	35	15.119,75	769	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A25	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	89,64	23.34
		A26	35	15.119,75	770	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A27	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A28	35	15.119,75	771	413,00	3,47	3.25	88.9	22.67
		A29	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A30	36	15.119,75	772	413,00	3,47	3.25	95.43	26,54
		A31	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A32	40	15.119,75	773	413,00	3,47	3.25	99.89	30.12
		A33	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A34	35	15.119,75	774	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A35	35	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	95.78	27.34
		A36	35	15.119,75	775	413,00	3,47	3.25	88.91	22.67
		A37	40	15.119,75	768	413,00	3,47	3.25	96.47	28.67

Fonte: Stein et al (2017)

Quadro 2 – Dados do bloco B

		SALA	Capacidade Média Alunos	Potência (Kcal/h)			COP Ar Condicionado	Área (m²)		
				Ar Condicionado	Lâmpadas	Ventiladores		Janelas	Paredes Internas	Paredes Externas
BLOCO B	TÉRREO	B01	41	15.119,75	768	413,00	3,47	8,97	93,43	22,4
		B02	41	15.119,75	768	413,00	3,47	8,97	93,43	22,4
		B03	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B04	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B05	40	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	91,3	13.86
		B06	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B07	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B08	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B09	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B10	40	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	91,3	13.86
		S. Estudo	4	3.023,94	192	0,00	3,47	5.72	54,12	9,96
		LAB. BIOLOGIA/ MICRO.	8	7.559,86	576	0,00	3,47	6.76	72,08	18,42
	S. PROF.	30	7.937,86	576	103,00	3,47	8.58	63,99	19,42	
	1º ANDAR	CREA	13	4.535,92	288	206,00	3,47	3,64	52,22	7,72
		B08	17	6.047,90	384	413,00	3,47	4.94	59,57	27,31
		B09	41	15.119,75	864	206,00	3,47	8,97	13,43	90,87
		B10	41	15.119,75	864	413,00	3,47	8,97	13,43	90,87
		B11	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B12	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B13	40	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	91,3	13.86
		B14	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B15	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B16	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B17	38	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	84.41	12,87
		B18	40	15.119,75	768	413,00	3,47	7.93	91,3	13.86
		B019	4	6.047,89	384	0,00	3,47	5,72	57,32	11,08
		S. Estudo	4	6.047,89	384	0,00	3,47	5,72	57,32	11,08
	EST. INTER.	5	6.047,89	384	0,00	3,47	6.76	64,78	14,29	
	2º ANDAR	B20	38	12.095,78	576	206,00	3,47	8,58	79,6	35,52
		Auditorio	140	30.239,50	1.728,00	0,00	3,47	49,4	109,96	30,28
		B21	77	24.191,60	1440	413,00	3,47	15,86	123,98	54,06
		B22	40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87
		B23	40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87
B24		40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87	
B25		40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87	
B26		40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87	
B27		40	15.119,75	864	413,00	3,47	7,93	89,35	12,87	
S. Estudo		16	9.071,85	576	413,00	3,47	5,72	57,34	11,56	
B28		15	9.071,85	576	413,00	3,47	5,72	54,44	10,12	
S. Estudo		14	9.071,85	573	413,00	3,47	3,38	54,28	11,22	
TOTAL		1405	534.105,08	29373	13111,00	138,8	187,2	2076,02	601,54	

Fonte: Stein et al (2017)

Quadro 3 – Dados do bloco C

		SALA	Capacida de Média Alunos	Potência (Kcal/h)			COP Ar Condicio nado	Área (m²)		
				Ar Condicionado	Lâmpadas	Ventiladores		Janelas	Paredes Internas	Paredes Externas
BLOCO C	TÉRREO	C01	25	9.071,84	576	206,00	3,47	7	70,76	15,08
		C02	25	9.071,84	576	206,00	3,47	7	70,76	15,08
		C03	25	9.071,84	576	206,00	3,47	7	70,76	15,08
		C04	3	3.023,94	192	0,00	3,47	2,4	55	26,3
		C05	38	15.119,75	864	413,00	3,47	7	96,48	44,74
		C06	29	4.535,92	768	206,00	3,47	3,5	30,74	72,92
		C07	3	1.891,23	192	0,00	3,47	1,76	15,98	58,85
		C08	2	1.891,23	192	0,00	3,47	1,76	13,98	45,36
		C09	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	12,92	51,48
		C10	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	15,22	55,36
		C11	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	12,92	51,48
		C12	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	13,85	63,2
		C13	3	3.023,94	192	0,00	3,47	1,32	12,92	51,48
TOTAL			165	68.797,29	4896	1237,00	45,11	44,02	492,29	566,41

Fonte: Stein et al (2017)

Em relação ao cálculo da carga térmica os autores por meio das equações utilizadas alcançaram aos seguintes resultados, conforme o quadro 4.

Quadro 4 – Resultados das cargas térmicas

CARGA TÉRMICA DEVIDO A INSOLAÇÃO							
Item		A (m²)	U (Kcal/h.m²)	te (°C)	ti (°C)	Δt	Q ₁ (Kcal/h)
Paredes externas de alvenaria		832,84	2,59	38,8	24	5,5	43788,23
Paredes internas de alvenaria		1778,71	2,1	31,8	24		29125,28
Itens		A (m²)	U (Kcal/h.m²)				Q ₂ (Kcal/h)
Janelas		180,26	5,18	—	—		933,75
CARGA TÉRMICA DEVIDO A PESSOAS							
Itens	n° pessoas	q ₂ (Kcal/h)	q ₁ (Kcal/h)				Q ₃ (Kcal/h)
Pessoas	2814	56,74	40,1	—	—	—	272507,76
CARGA TÉRMICA DEVIDO A EQUIPAMENTOS							
Itens	p (kcal/h)	—	—	—	—	—	Q ₄ (Kcal/h)
Iluminação	60.510	—	—	—	—	—	72.612
Itens	p (kcal/h)	—	—	—	—	—	Q ₅ (Kcal/h)
Ventilação	28.077	—	—	—	—	—	28.077
CARGA TÉRMICA DEVIDO A VENTILAÇÃO							
Itens	n° pessoas	f _{aeV} (m³ *pessoa)	te (°C)	ti (°C)			Q'61 (Kcal/h)
Calor Sensível	2814	50	36,8	24	—		522.278
Itens	n° pessoas	f _{aeV} (m³ *pessoa)	UE ₂	UE ₁	γ		Q'62 (Kcal/h)
Calor Latente	2814	50	0,025	0,008	1,2		1.673
CARGA TÉRMICA TOTAL	BTU/h		KW	TR		Kcal/H	
	4.450.010,30		1304,76	370,83		1.121.887,74	

Fonte: Stein et al (2017)

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4, Stein et al. (2017) apresenta que o valor da carga térmica total é de 370,83 TR.

Quanto ao Consumo de Energia Sistema Atual, por médio das equações utilizadas, os autores chegam a uma estimativa de custo da energia gasta de 27.528,17 R\$/mês.

Considerando o tempo de 11 meses, alcançam a um resultado de um custo anual de R\$ 302,809.95. dos aparelhos instalados (STEIN et al., 2017).

Buscando os dados de consumo de energia do sistema projetado, Stein et al (2017) analisa a seleção de um equipamento AQUAFORCE 30 XA com 450 TR, pelo redimensionamento da carga térmica. O resultado encontrado por meio das equações para um sistema de refrigeração por água gelada com o *chiller* proposto, encontrou um custo de 28.277,67 R\$/mês, maior do que o custo calculado para o sistema atual, de 27.528,17 R\$/mês, não sendo viável.

Como propósito deste trabalho, foi verificada a viabilidade da instalação do sistema de refrigeração proposto com a utilização em conjunto com um termoacumulador, partir dos dados da carga térmica utilizada pelos autores.

5 METODOLOGIA

5.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

A primeira etapa da realização do trabalho foi identificar o sistema de refrigeração proposto para a FAACZ e qual o modelo e especificações do *chiller* presente no sistema.

Foi proposto um *chiller* Carrier modelo Aquaforce 30XA, com 450TR de potência e COP de 4,1.

5.2 MODALIDADE TARIFÁRIA

Após conhecer o modelo do resfriador proposto, através das informações fornecidas pela faculdade, foi constatado que a FAACZ se enquadra no Grupo A, Subgrupo A4, com valor da tarifa para horário de ponta em R\$1,29819 e para horário fora de ponta (18 - 21h) a R\$0,08153.

5.3 TERMOACUMULADOR

Para o dimensionamento do tanque de termoacumulação, é necessário saber a carga térmica a ser armazenada para utilização durante o período em que o resfriador ficará desligado. Foi identificado no trabalho Stein et al. (2017), que a carga térmica calculada para refrigeração dos ambientes da faculdade tem valor de 370,83 TR.

5.3.1 Volume de Água Armazenada

As equações de volume de energia térmica necessário para o condicionamento térmico do local, durante as três horas do horário de pico foram obtidas com base no trabalho realizado na USP, por Lee (2007), em que foi feito um estudo da “Otimização dos Sistemas de Climatização e Refrigeração Industrial em Supermercados”.

Para obtenção da massa de água a ser acumulada em m³ foi utilizada a Equação 1:

$$m_{\text{tanque}} = Q / c_p \cdot \Delta T \quad (1)$$

Em que:

Q = Carga térmica a ser acumulada (kcal);

m_{tanque} = Massa de água a ser armazenada, kg;

cp = Calor específico da água (kcal/kg°C);

ΔT = Temperatura de entrada menos a temperatura de saída da água no tanque (°C).

Dados:

$\rho_{\text{água}} = 997 \text{ kg/m}^3$

$4,182 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

A densidade da água, com valor de $\rho_{\text{água}} = 997 \text{ kg/m}^3$, foi utilizada para converter m_{tanque} encontrada em kg para volume, em m^3 .

Então:

m_{tanque} = Volume de água a ser armazenada, m^3 ;

5.3.2 Tempo de Carga do Tanque

O primeiro passo para encontrar o tempo que o *chiller* leva para carregar o tanque com água gelada foi calcular a vazão volumétrica do equipamento na equação 2, a partir dos dados de capacidade de carga do resfriador.

Para calcular a vazão volumétrica do *chiller* em m^3/h , foi utilizada a Equação 2:

$$\dot{m}_{\text{chiller}} = Q_{\text{chiller}} / cp \cdot \Delta T \quad (2)$$

Onde:

$\dot{m}_{\text{chiller}}$ = Vazão mássica do chiller kg/h;

Q_{chiller} = Carga do chiller (kcal/h);

Dados:

1 TR = 3.024 kcal/h

$\rho_{\text{água}} = 997 \text{ kg/m}^3$.

Da mesma maneira como a massa foi convertida para volume na Equação 1, a vazão mássica, kg/h, encontrada na equação 2, foi convertida em vazão volumétrica, m³/h, utilizando a densidade da água, com $\rho_{\text{água}} = 997 \text{ kg/m}^3$.

Então:

$\dot{m}_{\text{chiller}} = \text{Vazão mássica do chiller, m}^3/\text{h}.$

Com os valores da vazão volumétrica em mãos, pôde-se descobrir o tempo necessário para carga do tanque a partir da Equação 3:

$$t_{\text{carga}} = m_{\text{tanque}} / \dot{m}_{\text{chiller}} \quad (3)$$

Onde:

$t_{\text{carga}} = \text{Tempo de carga necessário, h};$

$m_{\text{tanque}} = \text{Volume de água a ser armazenada, m}^3;$

5.3.3 Isolamento Térmico

Por se tratar de acúmulo de energia térmica, uma grande preocupação foi manter a água na temperatura correta de trabalho evitando a perda de calor no tanque. Para isso foi utilizada a Fórmula Fundamental da Calorimetria o cálculo e verificação da necessidade de isolamento térmico no tanque, em função da espessura da parede.

5.3.4 Orçamento

A partir dos dados de quantidade de água a ser armazenada, foram definidos os materiais de construção e isolamento térmico e feitos orçamentos para construção do tanque.

5.3.5 Comparação dos Custos da Energia Elétrica

Com o propósito de verificar se a instalação de um tanque de termoacumulação realmente é viável, foi feita a comparação dos custos da energia elétrica em dois cenários:

- ✓ No primeiro, calculou-se a quantidade de energia gasta no sistema atual durante às 3 horas do horário de pico e posteriormente calculado o custo em real (R\$) do sistema de ar condicionado operando normalmente nesse período;
- ✓ No segundo cenário foi calculado o custo da energia consumida durante o tempo exigido de carga do termoacumulador, no período da noite, fora do horário de ponta, com o *chiller* trabalhando apenas com essa finalidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados de carga térmica calculados por Stein et al (2017) em seu trabalho propondo a instalação de uma central de água gelada na FAACZ, e de dados de diferença de temperatura de retorno e de entrada da água fornecidos pelo manual do fabricante do *chiller*, foi calculado o volume de água gelada a ser acumulada para suprir a demanda de refrigeração das salas da instituição durante as 3 horas do período de ponta, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo de volume de água gelada

DADOS	
Carga Térmica do ambiente (kcal/h)	1121887,74
Tempo do horário de ponta (h)	3
Carga térmica a ser acumulada (kcal)	3365663,22
Calor Específico da água (kcal/kg°C)	1
ΔT de entrada e saída da água no tanque (°C)	5,6
ρ água (kg/m ³)	997
MASSA DE ÁGUA DO TANQUE (kg)	601011
VOLUME DE ÁGUA DO TANQUE (m ³)	603

Fonte: Autor (2019)

Com a Equação 1 foi encontrada uma massa de 601.011 kg de água, que significa um volume de 603 m³, após conversão da massa para volume. Porém levando em consideração que existem perdas de calor durante o processo, foi adotada uma margem adicional de 10% para o dimensionamento do tanque termoacumulador, chegando a um volume de 663 m³.

Pela aplicação da Equação 3, após ter sido encontrada a vazão mássica do *chiller* com a utilização da Equação 2, foi verificado que o tempo necessário de trabalho do *chiller* para a carga do tanque com água gelada suficiente para suprir o sistema de refrigeração durante todo o horário de ponta é de 2,72 horas, valor que foi arredondado para 3 horas, conforme mostrado na Tabela 2:

Tabela 2 – Cálculo de tempo de carga do tanque

DADOS	
Carga do Chiller (kcal/h)	1360800
Calor Específico da água (kcal/kg°C)	1
ΔT de entrada e saída da água no tanque (°C)	5,6
ρ água (kg/m³)	997
VAZÃO VOLUMÉTRICA DO CHILLER (m³/h)	244
TEMPO DE CARGA DO TANQUE (h)	2,72

Fonte: Autor (2019)

Com o volume de água a ser acumulada e o tempo de carga do tanque, foi possível calcular o custo da energia elétrica do sistema atual da instituição, do sistema proposto por Stein et al (2017) assim como do sistema proposto utilizando o termoacumulador. O sistema atual da Faacz tem um consumo total de energia de 375,76 kWh, a tarifa de energia no horário de ponta, segundo documentos fornecidos pela instituição é de R\$1,29819 o kWh, gerando um gasto mensal de R\$32.192,32 durante as três horas do horário de ponta. Nota-se que essa é a potência total do sistema existente, porém a uso de todos os equipamentos ou apenas de parte deles varia de acordo com a necessidade da utilização de todas as salas ou não pela instituição. Veja a tabela 3:

Tabela 3 – Custo do sistema atual

SISTEMA ORIGINAL	
Consumo de energia (kWh)	375,76
Tempo do horário de ponta (h)	3
Valor da tarifa (R\$)	1,29819
CUSTO DIÁRIO	R\$ 1.463,42
Dias utilizados no mês	22
CUSTO MENSAL	R\$ 32.195,32

Fonte: Autor (2019)

O equipamento estabelecido, um *chiller* Carrier modelo Aquaforce 30XA com módulo de 450TR com o COP de 4,1, apresentou maior consumo de energia elétrica em comparação com o sistema atual existente, com um custo mensal de R\$33.063,26 durante o horário de ponta, demonstrando não ser viável, conforme a Tabela 4:

Tabela 4 – Custo do sistema proposto

SISTEMA PROPOSTO POR STEIN	
Consumo de energia (kWh)	385,89
Tempo do horário de ponta (h)	3
Valor da tarifa (R\$)	1,29819
CUSTO DIÁRIO	R\$ 1.502,88
Dias utilizados no mês	22
CUSTO MENSAL	R\$ 33.063,26

Fonte: Autor (2019)

No terceiro caso, no sistema proposto por Stein et al (2017), mas com um termoacumulador de água gelada, foi encontrado um custo mensal de R\$ 2.076,47 com o funcionamento do equipamento durante as mesmas três horas, porém no período da madrugada, onde a tarifa de energia elétrica é mais barata, conforme Tabela 5:

Tabela 5 – Custo do sistema proposto e com termoacumulador

SISTEMA COM TERMOACUMULADOR	
Consumo de energia (kWh)	385,89
Tempo de carga do tanque fora do horário de ponta (h)	3
Valor da tarifa (R\$)	0,08153
CUSTO DIÁRIO	R\$ 94,38
Dias utilizados no mês	22
CUSTO MENSAL	R\$ 2.076,47

Fonte: Autor (2019)

Com o deslocamento do consumo elétrico do horário de ponta, em que o kWh custa R\$1,29819, para um horário fora de ponta com o valor do kWh a R\$0,08153 foi possível obter uma redução de mais de 90% no custo da energia elétrica utilizada para condicionamento térmico dos ambientes da Faacz durante esse período de três horas. Apesar de ser mais vantajosa a utilização do gelo para o acúmulo de energia térmica, foi escolhido o método de acumulação de água gelada, uma vez que seria necessário um *chiller* específico para produção de gelo, diferente do modelo determinado anteriormente.

Já sobre o método de armazenamento de água gelada, foi selecionado o armazenamento total, uma vez que o objetivo do estudo é desligar completamente o

chiller no horário de ponta e utilizar somente a água resfriada para o condicionamento dos ambientes da Faacz.

O custo do reservatório de água gelada, que foi orçado pela empresa ESB Engenharia Eireli, ficou em R\$ 493.440,34. Com a utilização da Fórmula Fundamental da Calorimetria foi constatado que não existe a necessidade de isolamento térmico no tanque, em função da espessura de 0,5m da parede, sendo a troca de calor desprezível. Somou-se a essa quantia o valor de R\$ 1.550.280,00 referente ao preço do chiller proposto, orçado com empresa Climar Ar Condicionado. Com esses valores foi possível verificar que o sistema, apesar do elevado custo de instalação, se pagaria em 68 meses, conforme Tabela 6:

Tabela 6 – Retorno do investimento

RETORNO DO INVESTIMENTO		
Custo mensal do sistema atual (R\$/mês)	R\$	32.195,32
Custo mensal do sistema proposto (R\$/mês)	R\$	2.076,47
Economia (R\$/mês)	R\$	30.118,85
Custo do reservatório (R\$)	R\$	493.440,34
Custo do <i>Chiller</i> (R\$)	R\$	1.550.280,00
Custo Total	R\$	1.843.440,34
Tempo de retorno do investimento (Meses)		67,85
Fonte: Autor (2019)		

7 CONCLUSÃO

Como uma ideia de solução ao trabalho realizado por Stein et al (2017), em que a instalação de uma central de água gelada como sistema de refrigeração da Faacz se mostrou inviável financeiramente, foi proposto a utilização de um termoacumulador de água gelada com o objetivo de deslocar o consumo energético do horário de ponta, principal responsável pelo alto consumo do sistema, para um horário em que o preço do kWh é mais barato.

A partir da obtenção dos valores de carga térmica e tempo de horário de ponta, foi possível efetuar os cálculos de massa e consequentemente o volume de água do tanque, com valor final de 663 m³.

A utilização do sistema com um termoacumulador de água gelada se mostrou viável em comparação ao sistema atualmente em uso pela instituição como também ao sistema proposto por Stein et al (2017), gerando uma economia mensal de R\$ 30.986,79, que equivale a uma redução de mais de 90%, se utilizada da capacidade total de ambos os sistemas, se pagando em aproximadamente 68 meses.

Além da redução de custo, pôde-se perceber durante o estudo de caso na FAACZ, que o sistema de refrigeração por água gelada também apresenta vantagens técnicas. O sistema atual não possui uma central de controle, onde seria possível monitorar e controlar o condicionamento de forma geral, sem a necessidade do acionamento por controle remoto em cada um dos ambientes. Da mesma forma, a manutenção, seja ela preventiva ou corretiva é feita de forma individual. A manutenção do sistema proposto é mais produtiva, por ser realizada na central de água gelada, eliminando a necessidade de acessar cada sala.

8 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Analisar a real taxa de utilização dos ambientes da FAACZ, com objetivo de diminuir a carga térmica e consequentemente o volume de água gelada necessária;
- ✓ Dimensionar os dutos e tubulações do sistema, incluindo válvulas, equipamentos e instrumentos necessários;
- ✓ Desenvolver plano de manutenção para o sistema.

REFERÊNCIAS

ASHRAE, **Thermal Storage - Application Handbook** – HVAC, 2003.

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Bandeiras Tarifárias, 2017.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800>. Acesso em: 11 de março de 2019.

CARRIER DO BRASIL

Disponível em: <https://carrierdobrasil.com.br/produtos/lista/meu-negocio/7/chiller>. Acesso em 9 de abril de 2019.

DORGAN, C.E, ELLESON, J.S. **Design guide for cool thermal storage.** American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1993.

FAACZ – FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ. **Institucional.**

Disponível em: <http://www.faacz.com.br/portal/institucional/infraestrutura/>. Acesso em: 10 março 2019.

FEDALTO, A. L. **Dimensionamento de um termoacumulador de água gelada para um sistema de refrigeração visando a diminuição dos gastos com energia elétrica.** UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

FREITAS, S.S. **Aplicação de um sistema de refrigeração com fluido secundário e termoacumulação em câmara de congelados.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2012.

GUIA DO AR CONDICIONADO - **Chiller – O que é, quais existem tem e como funcionam?**

Disponível em: <<https://guiadoarcondicionado.com.br/chiller-o-que-quais-existem-como-funciona/>> Acesso em: 10 março 2019.

KOBAYAKAWA, F.A. **Eficiência energética em ar condicionado e refrigeração através da aplicação da termoacumulação. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Mecânica)** – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

KOSOY, B. V. **Thermodynamics and design principles of refrigeration.** Low Temperature and Cryogenic Refrigeration, 2003.

LEE, A. **Otimização dos sistemas de climatização e refrigeração industrial em supermercados.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LIMA, J.P. **implantação da central de água gelada em um shopping na serra catarinense**

Disponível em: <https://revista.uniplac.net/ojs/index.php/engcivil/article/view/1417>. Acesso em: 07 de abril de 2019.

MEDEIROS, P. S. G.; BARBOSA, C. R. F. **Análise do coeficiente de performance de um chiller doméstico operando com o r-401a em regime transiente.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2009.

PROCEL. **Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil.** Rio de Janeiro, 2006.

SAMPAIO, K. A. **Avaliação da demanda, do consumo elétrico e do controle de temperatura para condicionamento de ambientes, usando sistemas de refrigeração com termoacumulação.** Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas, p. 1 -138. 2006.

SANTOS, Afonso Henrique Moreira et al. **Conservação de Energia: Eficiência e Energética de Equipamentos e Instalações.** Itajubá: Fupai, 2006.

SILVA, M. F. D. et al. **Análise da demanda e do consumo de energia elétrica da. Extendere.** Natal, 2013.

STEIN, F. H. W S. et al. **Estudo de Viabilidade de Implantação de uma Central de Água Gelada para Condicionamento de Ar nos Blocos A, B e C da FAACZ.** Faculdades Integradas de Aracruz, 2017.

THE WORLD BANK. **Electric Power Consumption (kWh per capita), 2014.** Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/eg.use.elec.kh.pc>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

TOMÉ, M. D. C. **Análise do impacto do chuveiro elétrico em redes de distribuição no contexto da tarifa horossazonal.** Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas. 2014.

WULFINGHOFF D. R. Chiller Plant. **Energy Efficiency Manual.** Maryland: Energy Institute Press, 1999.