

ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

Alunos: João Victor Campesan Pires
Henrique Arenas Amorim
Matheus Roberto Moraes Dias
Ramon de Andrade Purcena
Matheus Alexandre Amorim
Bruno Barbosa
Marcelo Batista

Orientador: Cyro Albuquerque Neto
cyroan@fei.edu.br



Resumo

O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) se aprofunda na análise minuciosa e aprimoramento de sistemas de Climatização e Ventilação (HVAC) projetados para salas de Data Center, focalizando particularmente a implementação detalhada das tecnologias cross-flow e lavador de ar de média e alta pressão. Dentro do panorama corporativo, onde a constante redução de custos fixos é uma prioridade estratégica, o estudo destaca a necessidade premente de aprimorar a eficiência energética como uma estratégia vital.

Em uma abordagem mais detalhada, estaca-se que aproximadamente 40% do consumo total de energia elétrica em edifícios comerciais está atribuído ao funcionamento de sistemas de ar-condicionado. Utilizando parâmetros específicos de uma instalação real em São Paulo, o trabalho realiza simulações e análises pormenorizadas. O sistema original dessa instalação, que faz uso de um fan-coil a água para refrigerar o ar direcionado ao Data Center, é identificado como gerador de custos operacionais consideráveis.

A proposta de aprimoramento apresenta o cross-flow como uma alternativa estratégica para potencializar a eficiência do sistema, seguido pela introdução meticulosa do lavador de ar de média e alta pressão.

Contextualização

No mundo corporativo, a necessidade de redução de custos fixos é uma temática comumente discutida. Em busca de resultados mais eficientes, as empresas frequentemente se concentram em aprimorar processos, muitas vezes negligenciando outras áreas que também poderiam resultar em ganhos significativos. No cenário global atual, há uma crescente ênfase em estudos e desenvolvimentos tecnológicos voltados para aumentar a eficiência energética. Essas iniciativas não apenas visam reduzir custos, mas também têm o potencial de melhorar a qualidade de vida das pessoas e minimizar os impactos no meio ambiente.

Atualmente, as energias renováveis estão entre as soluções mais analisadas e destacam-se pela sua grande relevância no cenário atual. Mesmo com o merecido destaque, ainda hoje, o investimento necessário para tal aplicação acaba por afastar a maioria das empresas que buscam esta solução, que não conseguem mensurar um payback viável a curto prazo.

Objetivo

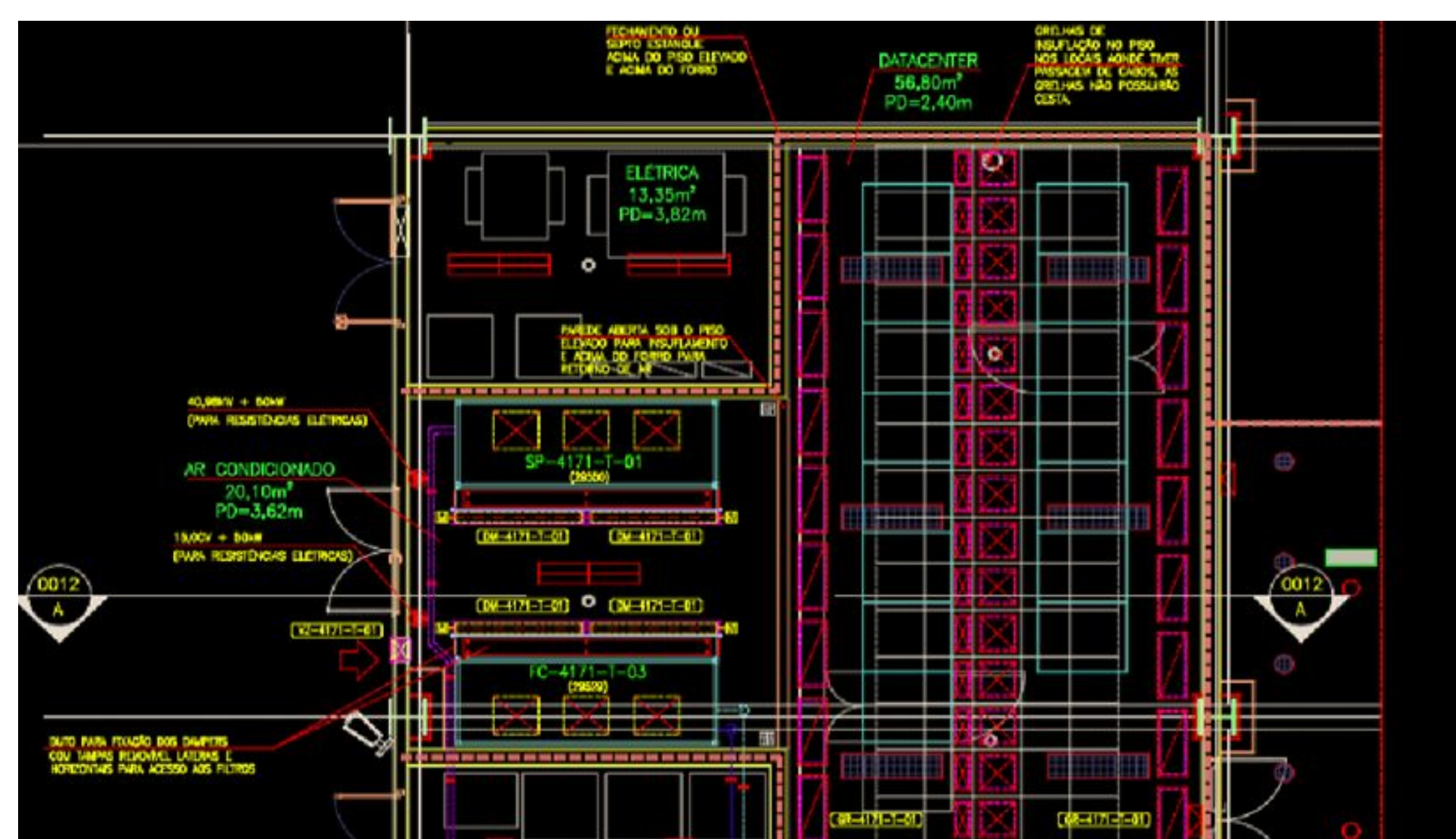
Análise e Melhoria de Sistemas HVAC para Salas de Data Center utilizando o Cross-Flow e Lavador de Ar

Desenvolvimento

Para a realização do estudo foram utilizados parâmetros de uma instalação real, visando maior coerência nas simulações e resultados. A obra em questão trata-se de uma instituição governamental e foi realizada em São Paulo (2015), dessa forma utilizou-se as condições reais do local, considerando pressão atmosférica do ar, temperatura ambiente ao longo do ano e umidade relativa.

Também foram utilizados os parâmetros das condições de ar externo segundo a ABNT para a região de São Paulo, tanto nas questões de resfriamento e desumidificação. O resfriamento deve considerar uma temperatura de bulbo seco de 32,9 °C e 22,3 °C para temperatura bulbo úmido, já para desumidificação a temperatura deve ser considerada 28,7 °C de bulbo seco e 24,9 °C de bulbo úmido. Nesse caso, a capacidade de refrigeração mecânica é a maior ao utilizar a temperatura de desumidificação.

A planta da instalação está sendo representada de forma parcial, retirando as salas que não possuem relevância para o estudo. Na imagem pode-se observar a casa de máquinas, onde ocorre o tratamento do ar através de um fan-coil padrão e um split de segurança, a sala de elétrica e a sala do Data Center. Este sistema é o mais comum nas empresas de médio e grande porte.



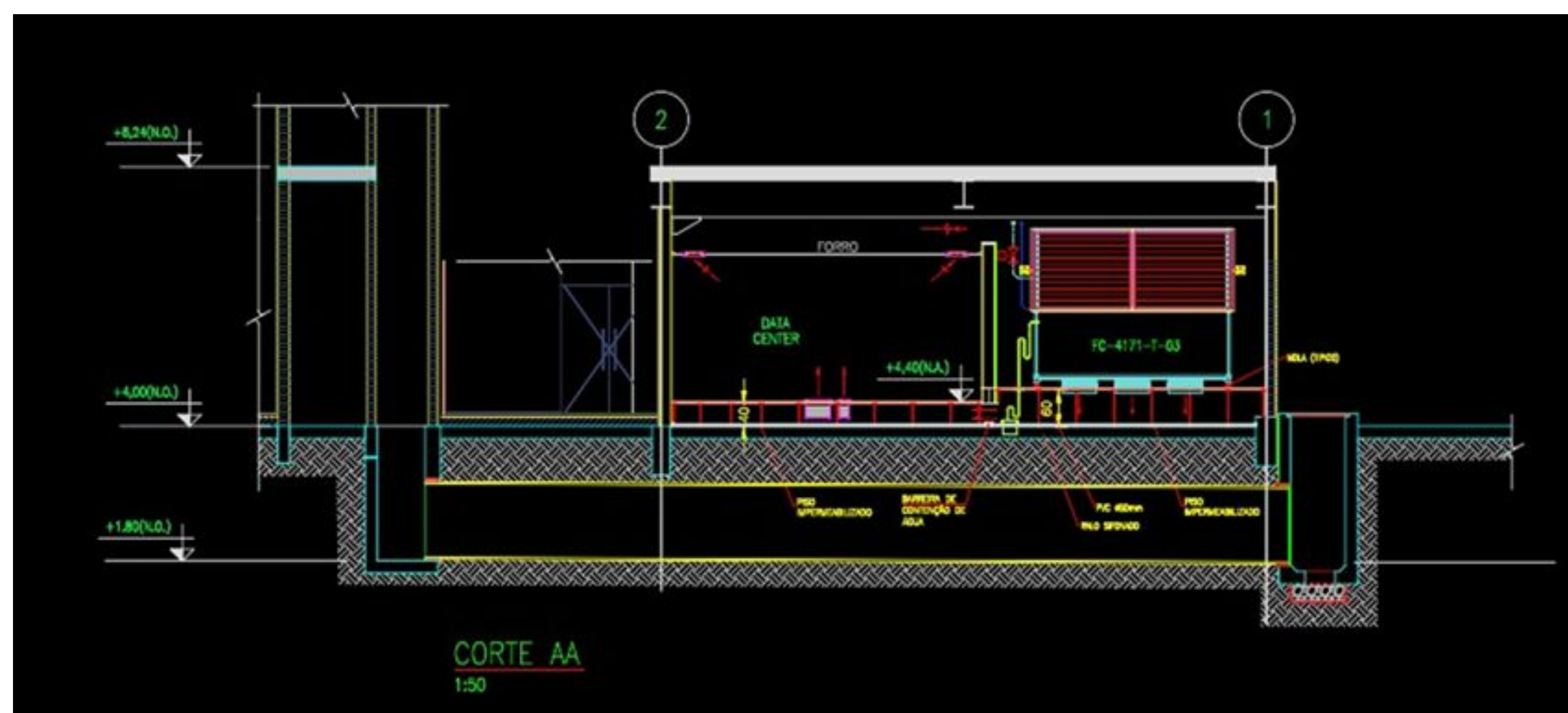
O esquema de refrigeração em questão utiliza o fan-coil a água para resfriar o ar que será insuflado no Data Center, um sistema simples e que gera altos custos energéticos. Na instalação analisada o ar de retorno entra no equipamento com aproximadamente 36 °C, esta temperatura é alta e faz com que o equipamento precise de uma elevada capacidade de refrigeração para atingir a temperatura exigida pelos equipamentos do Data Center. Apesar de um sistema como este atender seu objetivo, o gasto energético é alto, e representa uma boa parcela dos custos da empresa.

Ao observar a vista de corte lateral da instalação (Figura 19), pode-se observar a maneira como o ar é insuflado para a sala. A entrada do ar nos componentes é feita por baixo, através do piso falso, passa pelos componentes do rack e é exaurido por cima. A instalação é realizada desta forma visando melhor desempenho energético conforme citado anteriormente.

ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

Alunos: João Victor Campesan Pires
Henrique Arenas Amorim
Matheus Roberto Moraes Dias
Ramon de Andrade Purcena
Matheus Alexandre Amorim
Bruno Barbosa
Marcelo Batista

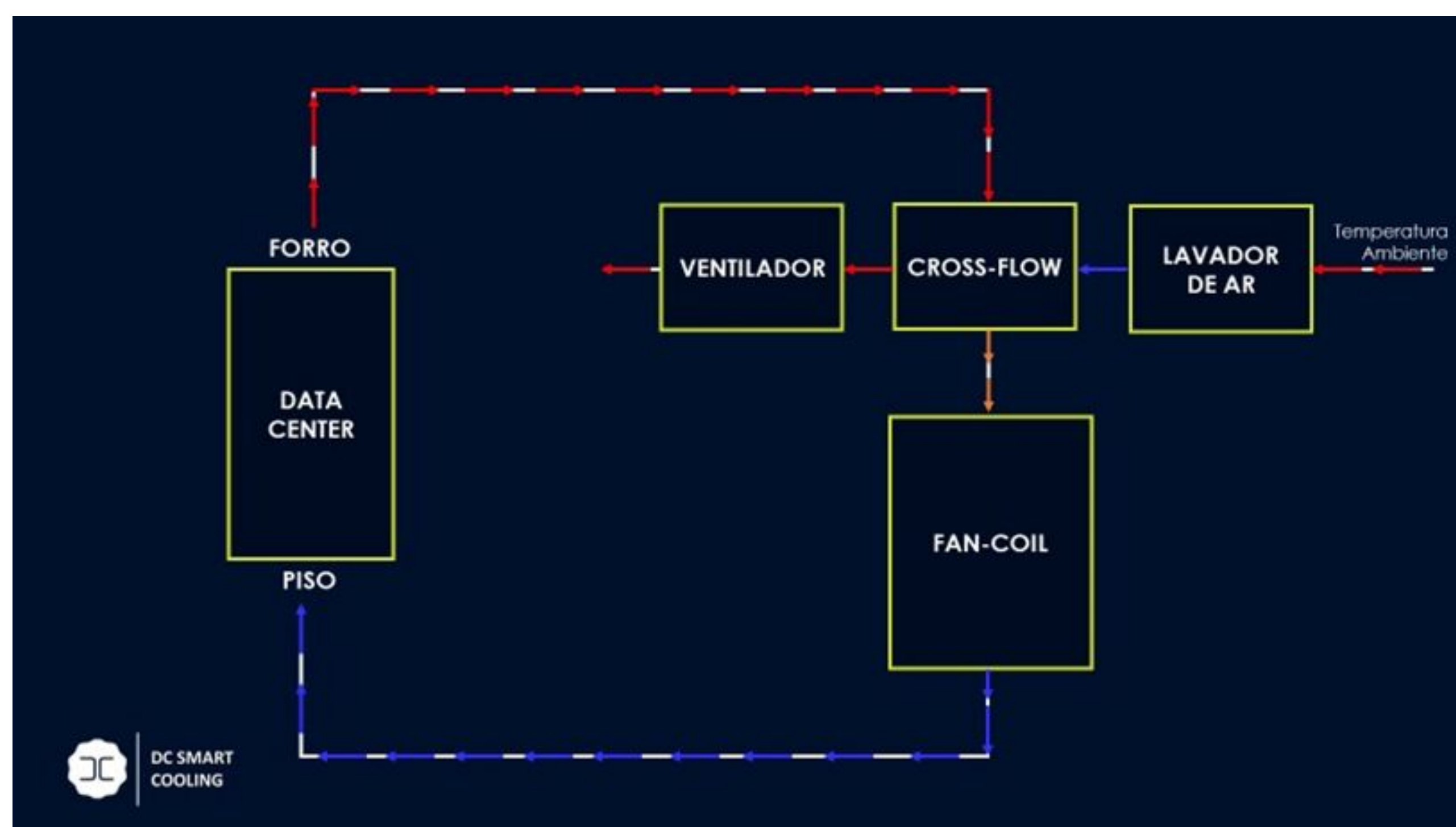
Orientador: Cyro Albuquerque Neto
cyroan@fei.edu.br



Através do software HAP (Hourly Analysis Program) desenvolvido e disponibilizado pela Carrier, é possível realizar diversas simulações no projeto utilizado como base. Dentre as simulações possíveis, como a variação de temperatura que o sistema sofre hora a hora ao longo dos meses para verificar quais as condições mais extremas. Com a tabela das variações de temperatura foi possível perceber que o mês de janeiro, por apresentar as maiores temperaturas, exige mais do equipamento de refrigeração, aumentando assim o consumo, já o mês de julho devido as baixas temperaturas, exige menos dos equipamentos de refrigeração.

Para encontrar alternativas para melhorar a eficiência do sistema algumas pesquisas foram realizadas pelo grupo, em que uma tecnologia diferente foi identificada, o cross-flow. O trocador de placa foi considerado muito útil para a instalação analisada. Para ser instalado antes do trocador de calor, foi preciso medir a redução térmica que o cross-flow gera para o ar de retorno e consequentemente no sistema.

Nesse cenário, o cross-flow receberá o ar quente (Figura 21) que é exaurido pelos equipamentos do Data Center e, em seguida, direcionará esse ar resfriado para a unidade de tratamento de ar. O outro fluxo de ar que entrará no equipamento é o ar externo, que, por possuir a temperatura mais baixa que a de retorno, ao passar pelo cross-flow, resultará em uma redução da temperatura que é enviada para a sala. Os parâmetros usados para realizar esses cálculos foram obtidos a partir do software Heatex Select.



Apesar da redução de temperatura com a utilização do equipamento cross-flow, a melhora não foi suficiente para impactar o sistema. Na sequência foi feita uma pesquisa a fim de encontrar novos métodos de resfriamento para desenvolver um modelo de instalação inovador que possa proporcionar melhor desempenho do cross-flow, e dessa forma gerar uma redução significativa no consumo energético sem prejudicar o desempenho nem sequer comprometer os computadores e outras máquinas do Data Center.

Uma boa alternativa para a melhora no processo de cross-flow foi o lavador de ar de média e alta pressão. Desenvolvido por meio de testes práticos o equipamento, utiliza da pulverização de água para alterar a condição do ar para temperatura de bulbo úmido, saturado em umidade.

Resultados

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos meticulosamente por meio da análise de um estudo de caso detalhado e de simulações. No âmbito dessas simulações, adotamos uma abordagem estratégica, incorporando elementos adicionais com o firme propósito de aprimorar significativamente os resultados alcançados. Essa cuidadosa manipulação de variáveis permitiu aprimorar o desempenho e, assim, destacar soluções mais eficazes.

Ao concentrarmos nossa atenção na introdução de elementos específicos durante as simulações, buscamos não apenas validar os resultados obtidos, mas também explorar ativamente oportunidades para refinamento contínuo e inovação. Essa abordagem reflexiva nos permitiu fortalecer as discussões e obtenção resultados que trazem o compromisso com a excelência na obtenção de resultados superiores.

Agrupando todos os resultados obtidos, foi possível gerar duas tabelas de grande importância que permitem a comparação do consumo total das instalações.

Consumos Instalação Nova		
Fan-coil	6,91	kW
Lavador	6,45	kW
Split	0,60	kW
Chiller	4,74	kW
Bomba Lavador	1,46	kW
Total	20,16	kW

Consumos Instalação Original		
Fancoil	9,92	kW
Chiller	12,10	kW
Total	22,02	kW

No projeto original o consumo do fan-coil era de 9,92 kW e o chiller 12,10 kW. Em uma visão geral, os dados de consumo do sistema novo apresentaram uma redução de 1,86 kW mesmo com a adição dos novos equipamentos. Porém, durante validação feita através do software HAP da Carrier, foi possível interpretar diferentes cenários relacionados ao pico de temperatura mensal ao longo do ano.

Para obter os resultados do projeto, no início do processo, foi escolhido utilizar o mês de janeiro (mais quente) como parâmetro de análise, visando obter qual seria o pior resultado do equipamento, ou seja, seu pior rendimento. Desta forma, no mês de janeiro, conforme apresentado na tabela a seguir, o consumo dos equipamentos do sistema original totalizou 15.854,4 kW. Já a instalação sugerida, nas mesmas condições, obtém-se um resultado inferior, de 14.515,2 kW.

Quando se comparam as duas situações, é possível observar uma redução no consumo energético, alcançando uma diminuição de 1.339,2 kW ou em proporção, uma redução de 8,45% em comparação ao sistema original.

Consumo Mês Mais Quente	
Novo	14.515,2 kW
Original	15.854,4 kW
Economia	1.339,2 kW

ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

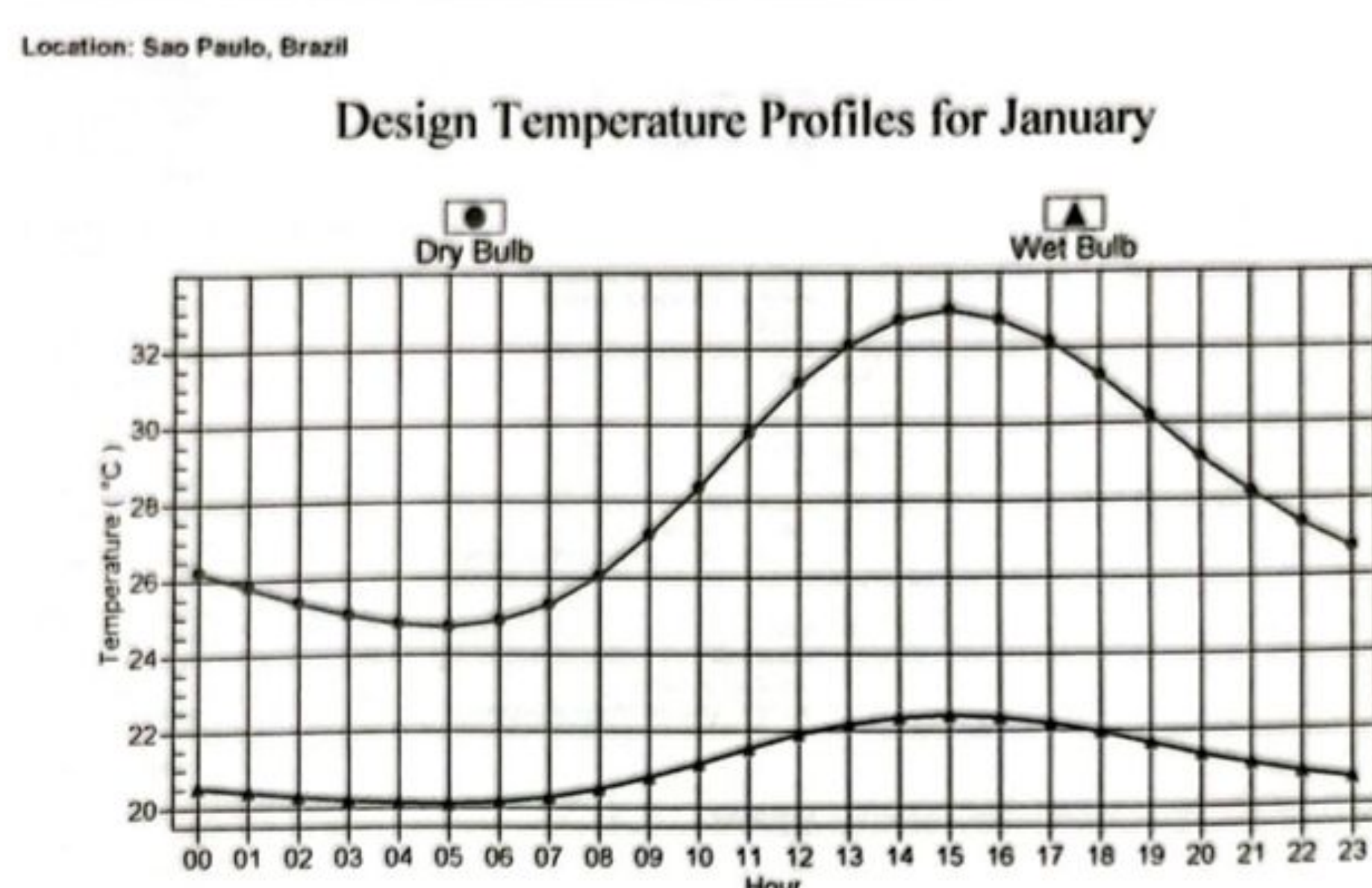
Alunos: João Victor Campesan Pires
Henrique Arenas Amorim
Matheus Roberto Moraes Dias
Ramon de Andrade Purcena
Matheus Alexandre Amorim
Bruno Barbosa
Marcelo Batista

Orientador: Cyro Albuquerque Neto
cyroan@fei.edu.br



Isso se dá ao funcionamento do lavador em conjunto com o trocador de placa, ambos sem acrescentar muito consumo, garantem um ganho de aproximadamente 8 °C no ar que é alimentado ao fan-coil. Isso afeta diretamente a dimensão do fan-coil, e consequentemente no chiller, que é onde a principal economia do sistema ocorre.

Porém também consegue-se notar que, apesar do ganho registrado, este não é o potencial máximo desta nova instalação. Ao observar, ainda no mês de janeiro, a variação de temperatura ao longo do dia (Figura 28), é possível identificar que entre as 23 horas e as 8 horas do dia, a temperatura de bulbo seco já está dentro do esperado para alimentar o fan-coil.



Posto isso, uma simulação básica já mostra que o desempenho da instalação nesse mês aumenta aproximadamente 30% (Tabela 5), chegando a uma economia de 1.733,4kW, ou 10,93%. Isso confirma o potencial do equipamento, que caso seja feito um trabalho de automação focando em aperfeiçoar a hora máquina de cada equipamento, sem comprometer o resultado, podendo ampliar ainda mais a diferença de consumo em relação a instalação original.

Consumo Mês Mais Quente Aprimorado	
Inst. Nova	14.121,0 kW
Inst. Original	15.854,4 kW
Economia	1.733,4 kW

Além da variação ao longo do dia, outra importante alternância acontece ao longo do ano, uma vez que todas as simulações foram feitas considerando o mês de janeiro, no verão. Ao realizar uma análise no mês de julho, que tende a ser mais frio, pode-se observar que durante 17 horas do dia, a temperatura de bulbo seco já estaria apropriada para entrada no fan-coil isso garante que das 19 h às 11 h da manhã a bomba do lavador poderia estar desligado.

Conclusão

Ao iniciar o projeto, o grupo identificou a importância do cuidado com o setor de projetos de ar-condicionado, principalmente ao tratar da eficiência energética. Por um lado, é crucial para as empresas poderem economizar no setor, melhorando seu resultado. Por outro, o impacto ambiental cresce cada vez mais nos interesses globais. Além disso outra importância crescente nas empresas é o cuidado com os Data Centers, que armazenam e processam os dados da empresa.

Dito isso, foi possível reconhecer que, na instalação padrão dos Data Centers atuais, o equipamento de ar-condicionado, acabava por consumir muita energia em relação a capacidade de refrigeração dele. Após pesquisas realizadas, novas tecnologias escolhidas e equipamentos devidamente selecionados, foi possível perceber impactos significativos no consumo de energia. Nos meses mais quentes podendo chegar a um ganho energético de 10,93%, o resultado do trabalho se mostra muito satisfatório.

Ainda assim, é possível encontrar alguns caminhos para amplificar o desempenho da nova instalação. Sugere-se que seja feita uma nova pesquisa com intuito de fazer uma análise detalhada, mês a mês, para que seja possível mapear o consumo de cada equipamento ao longo do ano. Esse estudo já apresentaria um maior ganho em relação a instalação original.

Outra sugestão, é que se faça um estudo com foco na automação, sabendo das variações ao longo do ano, é possível que através de sensores e programações inteligentes os componentes do sistema trabalhem apenas quando extremamente necessário, assim reduzindo ainda mais o consumo individual dos equipamentos.

Bibliografia

- LOPES, A. **O USO DO AR-CONDICIONADO E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.**, 2017. Disponível em: <<https://www.fiesp.com.br/sindratar/noticias/o-uso-do-ar-condicionado-e-o-consumo-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 13/11/2023.
- BRONI, S. N. **Diagnostico de sistema de refrigeração por chiller visando a melhoria da eficiência térmica do sistema.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual do Amazonas, 2022. Disponível em: <<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/4494>>. Acesso em: 13/11/2023.
- EVANS, T. **The Different Types of Air Conditioning Equipment for IT Environments.** [2004]. Disponível em: <http://ww.zenex.home.pl/pub/katalogi/schneider/6_systemy_zasilania_gwarantowanego_i_c_chlodzeni/6_9_dokumenty_white_paper/wp-59.pdf>. Acesso em: 13/11/2023.
- FILHO, M. F. **Normas e classificacao de datacenters.** Palhoça: UnisulVirtual, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320564904_Normas_e_classificacao_de_datacenters>. Acesso em: 13/11/2023.
- FRADE, J. **Climatização Geral. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior.** Lisboa: 2006. Disponível em: <<http://www.marioloureiro.net/tecnica/climatizacao/climagerallSEL.PDF>>. Acesso em: 13/11/2023.
- GW. **LAVADOR DE AR ADIABÁTICO - LAA.**, 2010.
- HEATEX. **PRODUCT CATALOG METRIC.**, 2022.
- LEGAL DE OLIVEIRA, G. **DATA CENTERS MODULARES EM CONTÊINERES.**, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4015>>. Acesso em: 13/11/2023.
- LOPES, A. **O USO DO AR-CONDICIONADO E O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.**, 2017.
- MENEZES, I. DE B. **A INFLUÊNCIA DO DCIM NA MELHORIA DA CLIMATIZAÇÃO DE UM DATA CENTER.** 2017. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4021>>. Acesso em: 13/11/2023.
- TAILOR, R. **DEVELOPMENT OF MEDIUM PRESSURE & HIGH PRESSURE AIR WASHER FOR HUMIDIFICARION & ADIABATIC COOLING.**, 1998.
- ZUCCHI, W. L.; AMÂNCIO, A. B. **Construindo um Data Center.** In: Revista USP, n. 97, p. 43-58, 30 maio 2013. Disponível em: <www.revistas.usp.br/revusp/article/download/61684/64573>. Acesso em: 13/11/2023.