



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**  
**Educação a Distância da UFSM – EAD**  
**Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos  
Processos Produtivos**

**Polo: Vila Flores**

**UTILIZAÇÃO DE PORTAS RÁPIDAS AUTOMATIZADAS PARA A  
MELHORIA DO CONFORTO TÉRMICO EM INDÚSTRIAS**

SOSTIZZO, Marcos

CAUDURO, Carlos Roberto (Orientador)

**Vila Flores**

**2014**

## **RESUMO**

A busca pela melhoria das condições de trabalho nas indústrias apresenta-se como um assunto muito relevante nos dias de hoje, onde cada vez mais profissionais trabalham focados para atender tal demanda. Essas melhorias tem impacto direto na produtividade e na satisfação dos colaboradores, o que gera benefícios para todos os envolvidos. Atingir estes resultados na maioria das vezes representa uma tarefa complexa, pois muitas pessoas, processos e equipamentos estão envolvidos. Neste trabalho será apresentada uma porta automatizada de abertura e fechamento rápidos para prédios industriais, que traz benefícios significativos no que se refere ao conforto térmico. Com a utilização das mesmas em dias frios, podem-se obter ganhos na temperatura interna do prédio de até 6,5°C nas suas proximidades, além de velocidades no ar em seu entorno iguais à zero. Apresentam consumo de energia extremamente baixo, com custo energético médio mensal igual a R\$ 20,21 para o exemplo do estudo, além de interferir de forma mínima no tráfico de materiais e empilhadeiras, por seu tempo de abertura ser de apenas 4,7 segundos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conforto Térmico, Portas Rápidas, Eficiência Energética.

## **ABSTRACT**

The search for the improvement of working conditions in industries has been a very important premise, which ever more focused professionals work to meet this demand. These improvements have a direct impact on productivity and employees satisfaction, which generates benefits for all involved. Achieve these improvements in most cases is a complex task where many people, processes and equipment are involved. In this paper an automated door opening and fast closing will be presented for industrial buildings that brings significant improvements in thermal comfort. With the use of the same in cold days could be obtained gains in the internal temperature of the building up to 6,5°C near the door, and the air speed equal to zero in their surroundings. Have an extremely low energy consumption, monthly energy cost equal to R\$ 20.21, in addition to interfering minimally in the trafficking of materials and forklifts for its opening take just 4.7 seconds.

**KEYWORDS:** Thermal Comfort, Rapid Doors, Energy Efficiency.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	8
2.1 Norma regulamentadora NR 17.....	8
2.2 FORMAS DE TROCA DE CALOR ENTRE O CORPO HUMANO E O AMBIENTE.....	8
2.2.1 Convecção .....	8
2.2.2 Radiação Térmica.....	9
2.2.3 Evaporação .....	9
2.2.4 Velocidade do Ar e Conforto Térmico.....	9
2.3 RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE NO TRABALHO E TEMPERATURA	10
2.4 LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS E MERCADORIAS.....	11
2.4.1 Objetivos da Movimentação de Materiais.....	12
2.4.2 Aspectos Fundamentais da Movimentação .....	12
2.4.3 Custos .....	13
2.5 PORTAS DE ABERTURA E FECHAMENTO RÁPIDO .....	14
2.6 SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E TERMOPARES .....	16
2.6.1 Tipos de Termopares .....	16
2.6.2 Equipamento Para Medição da Temperatura.....	17
2.7 MEDIDOR DE VELOCIDADE DO AR TIPO TURBINA .....	18
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	19
3.1 OBJETIVO GERAL.....	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	20
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
5.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS PORTAS RÁPIDAS .....	25

5.1.1	Resultados das Medições na Porta Um .....	25
5.1.1.1	Resultados das Medições na Porta Um – Horário 7 h 10 min – 7 h 20 min da Manhã .....	25
5.1.1.2	Resultados das Medições na Porta Um – Horário 10 h 30 min - 10 h 40 min da Manhã .....	27
5.1.2	Resultados das Medições na Porta Dois .....	29
5.1.2.1	Resultados das Medições na Porta Dois – Horário 7 h 30 min – 7 h 40 min da Manhã .....	29
5.1.2.2	Resultados das Medições na Porta Dois – Horário 10 h 40 min – 10 h 50 min da Manhã .....	31
5.2	Levantamento de Consumo Energético e Custo de Operação da Porta 2 .....	33
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## INTRODUÇÃO

Em uma indústria qualquer, independente do seu ramo de atividade, tamanho ou grau de complexibilidade de seus produtos e serviços, a busca pela melhoria na qualidade compreende um esforço incessante de todos os colaboradores da mesma em torno deste objetivo. Esta busca pela excelência necessariamente começa na melhoria dos processos produtivos da empresa. Dificilmente uma empresa entrega excelentes produtos aos seus clientes sem antes possuir um sistema produtivo de alta confiabilidade, e também, sem antes atender de forma satisfatória aos “clientes internos” que a mesma possui, ou seja, os colaboradores ali presentes, oferecendo aos mesmos um ambiente de trabalho o mais saudável e confortável possível.

Uma das inúmeras maneiras de oferecer este ambiente de trabalho mais favorável e saudável consiste em buscar, entre outras coisas, formas de oferecer um ambiente confortável termicamente, o que torna mais favorável o desempenho das tarefas e o desenvolvimento das inúmeras atividades. Para tal objetivo, deve-se buscar o que há de melhor em sistemas de climatização e isolamento térmico, para que se atenda da melhor forma possível, os requisitos de conforto térmico.

Alcançar estes requisitos satisfatórios, no entanto, configura-se em uma tarefa árdua e um grande desafio. Em regiões como o sul do Brasil, mais precisamente na região serrana do Rio Grande do Sul, esse desafio parece ser ainda maior. Por apresentar um clima do tipo “CFB e oceânico”, segundo a classificação Köppen-Geiger, esta região apresenta estações do ano bem definidas, principalmente o inverno, que costuma ser rigorosa, estação em que é comum a ocorrência de geadas por vários dias consecutivos, com temperaturas próximas do 0° C ou até mesmo negativas.

Como em algumas empresas o tráfego de empilhadeiras para o transporte de produtos é intenso, faz-se necessária a existência de portas de acesso para outros setores e centrais de estoque e distribuição. São justamente nestas portas de acesso, que geralmente acabam por permanecerem abertas devido ao alto fluxo de empilhadeiras, que uma grande quantidade de energia em forma de calor acaba por sair do recinto, através do fluxo de calor convectivo. A energia produzida pelos inúmeros equipamentos utilizados nos processos de manufatura, como motores elétricos e equipamentos aquecidos por vapor, que poderiam contribuir para a melhoria do conforto térmico, acaba sendo desperdiçada, sendo levada para fora dos prédios.

Neste trabalho, como forma de reduzir esta perda de calor do ambiente industrial para as áreas externas, apresenta-se uma tecnologia para controle da abertura e fechamento de portas para indústrias, que consiste no emprego destas portas de abertura e fechamento rápido a fim de garantir o fluxo dos materiais de forma rápida, eficiente e econômica; como também contribuir na oferta de um ambiente com o melhor conforto térmico possível aos colaboradores.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Norma regulamentadora NR 17**

Como todas as atividades produtivas, as indústrias também estão sujeitas a seguirem normas regulamentadoras diversas, que visam garantir, por exemplo, bons produtos e serviços aos clientes, melhores condições de trabalho e a necessidade em atender aos direitos dos colaboradores, entre outras. Com relação às condições de trabalho, o Ministério do Trabalho apresenta suas normas reguladoras (NR), que devem ser seguidas por todas as indústrias no Brasil.

As condições de conforto térmico para os trabalhadores descritas na norma NR-17 (1990), que trata de assuntos relacionados à ergonomia diz:

“os locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendados um índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C”.

Além disso, a norma NR 17 recomenda velocidades do ar inferiores a 0,75 m/s nos trabalhos que exigem solicitação intelectual e concentração constantes.

### **2.2 FORMAS DE TROCA DE CALOR ENTRE O CORPO HUMANO E O AMBIENTE**

#### **2.2.1 Convecção**

Segundo FROTA (1987), o processo de remoção de calor do corpo por convecção ocorre quando a temperatura do ar é inferior à do corpo, e o mesmo acaba por transferir calor para o ambiente através do ar frio que o circunda. Quando o ar frio é aquecido, o mesmo tende a subir para as partes mais altas do prédio residencial ou industrial e também nos diversos outros tipos de edificação. Quanto maior a temperatura do ar que existe no ambiente, proporcionalmente ocorre uma redução na capacidade de ocorrerem trocas térmicas convectivas entre o corpo humano e o ambiente.

### **2.2.2 Radiação Térmica**

Segundo FROTA (1987) “*radiação térmica é o processo pelo qual a energia radiante é transmitida da superfície quente para a fria por meio de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, transformam-se em calor*”.

A energia radiante é emitida continuamente por todos os corpos, por isso o corpo de uma pessoa está continuamente emitindo e recebendo energia radiante. Se a temperatura das paredes de um ambiente for inferior à temperatura da pele de uma pessoa, esta perderá calor por radiação. Do contrário, se estiverem mais quentes que a pele, a temperatura do corpo aumentará devido à radiação.

A radiação térmica não depende do ar ou de qualquer outro meio para se propagar, sendo que a quantidade de energia radiante emitida por um corpo depende exclusivamente de sua temperatura superficial e da temperatura das paredes que o circundam em um ambiente fechado.

### **2.2.3 Evaporação**

Ainda segundo FROTA (1987), quando as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não são suficientes para regular a sua temperatura interna, as glândulas sudoríparas aumentam sua atividade e ocorre então a perda de calor pela evaporação do suor que se forma na pele. Logo após a transpiração, ocorre a evaporação do suor e este líquido evaporando sobre uma superfície quente, no caso a pele, extrai calor da mesma, resfriando-a.

### **2.2.4 Velocidade do Ar e Conforto Térmico**

Conforme a cartilha do PROCEL EDIFICA (2010, p.13) “Ventilação Natural em Edificações”, para velocidades do ar baixas, o conforto térmico correlaciona-se mais fortemente com a temperatura radiante do que com a temperatura do ar.

Ainda segundo PROCEL EDIFICA: “A temperatura radiante combina os efeitos de temperatura do ar com aquelas produzidas pelas trocas térmicas por radiação, que ocorrem entre o indivíduo e o entorno onde o mesmo se encontra inserido”.

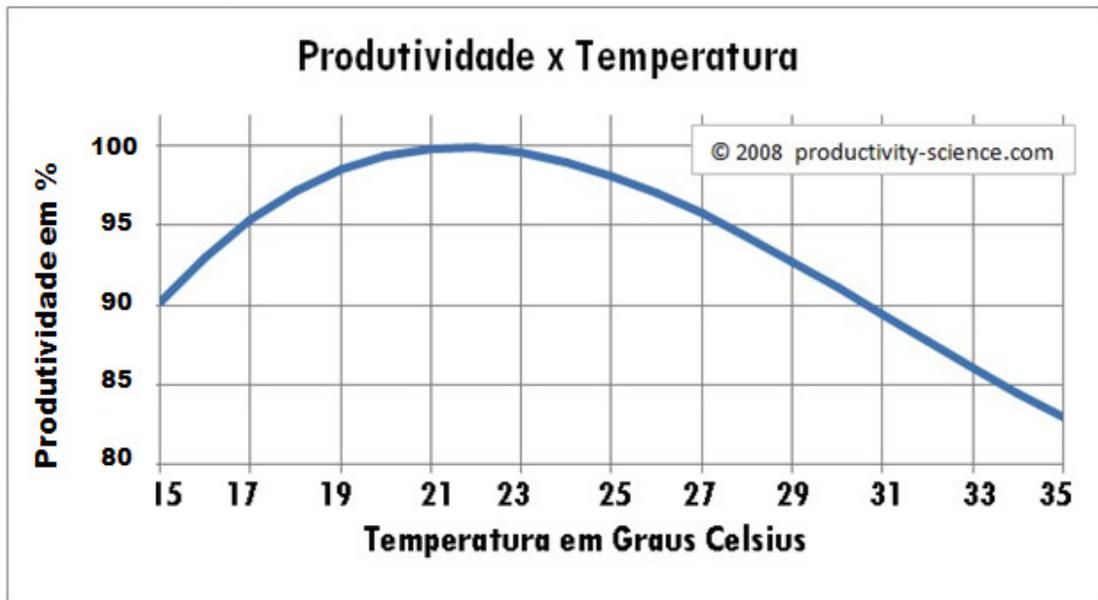
Para o entorno, neste caso, consideram-se as superfícies que delimitam a construção tais como o piso, teto e paredes. Normalmente, a temperatura radiante é medida com o auxílio de um termômetro de globo.

Para velocidades do ar mais altas, a temperatura do ar é aquela que mais diretamente influencia a percepção de conforto térmico. No estudo do conforto térmico em locais bem ventilados, pode-se considerar apenas a temperatura do ar como parâmetro para o mesmo, não sendo necessárias medições de temperatura radiante, sem que isso acarrete em erros significativos e resultados imprecisos.

### **2.3 RELAÇÃO ENTRE PRODUTIVIDADE NO TRABALHO E TEMPERATURA**

Segundo PRODUCTIVITY SCIENCE (2008), e através da Figura 1 abaixo, pode-se observar que as variações da produtividade humana no trabalho são bastante significativas, acompanhando a variação da temperatura. O pico máximo de produtividade ocorre numa curta faixa de temperaturas, entre 21° C e 23° C. Com uma queda de apenas seis graus na temperatura, de 21° C para 15° C, existe uma queda na produtividade do funcionário, na ordem de 10%. A nível fisiológico observam-se mudanças nos colaboradores expostos às baixas temperaturas, como vasoconstrição sanguínea, redução da circulação sanguínea periférica (mãos e pés), redução da habilidade manual e até mesmo tremores.

Figura 1 – Gráfico produtividade humana versus temperatura ambiente.



Fonte: Productivity Science (2008).

Observam-se na maioria das pesquisas científicas a respeito do rendimento dos trabalhadores, em função da temperatura, resultados próximos aos encontrados, por outro lado, existem alguns estudos que apontam tendências um pouco diferentes.

Na verdade, a temperatura mais confortável para um melhor desempenho acaba sendo uma escolha em nível pessoal, com algumas variáveis como características fisiológicas de cada ser humano. Por exemplo, pessoas com maior massa corporal acabam preferindo uma temperatura um pouco mais baixa do que as pessoas mais magras, pelo menos no que se pode observar no dia-a-dia.

## 2.4 LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS E MERCADORIAS

Segundo GUARNIERI et al. (2006, p. 3), as exigências da competitividade dos mercados fazem com que as empresas empreguem métodos e equipamentos mais eficientes afim de melhorarem a sua produtividade e a qualidade dos serviços prestados. Os estudos relativos à logística buscam a maior eficiência nos processos de movimentação e armazenagem, facilitando assim, a verificação do fluxo e a movimentação de mercadorias em todos os estágios do processo produtivo.

Segundo MEYERS (2000, p. 2), a movimentação de materiais não é mais que a combinação de métodos e processos, capazes de movimentar toda a mercadoria, matéria-

prima e produto final, para o lugar certo, com a quantidade específica e em tempo correto, de acordo com o *layout* da fábrica. A movimentação de materiais e produtos significa o transporte de bens, em distâncias relativamente curtas, como por exemplo, no interior do local de produção, até os armazéns ou centros de distribuição entre outros.

#### **2.4.1 Objetivos da Movimentação de Materiais**

O objetivo principal dos estudos a respeito dos processos de movimentação de material é reduzir os custos operacionais na concepção do produto final e no seu armazenamento. Contudo, é necessário cumprir alguns requisitos, a fim de alcançar a redução de custos. Segundo RAY (2008, p. 2), além da redução de custos, outros objetivos existem, tais como:

- Eficiência e segurança na movimentação dos materiais;
- Transporte dos materiais dentro de um tempo útil;
- Implementação de soluções de baixo custo, otimizando o processo, buscando métodos que garantam soluções eficientes, rotas e trajetos o mais curto e simples possível;
- Redução do número de materiais avariados durante a movimentação;
- Minimizar o risco de acidente na movimentação dos materiais.

#### **2.4.2 Aspectos Fundamentais da Movimentação**

Segundo MEYERS (2000, p. 223), a movimentação diz respeito à eficiência do transporte do material durante a sua transformação. Deve-se movimentar o mesmo o mais rápido possível, com segurança e integridade, pois a movimentação rápida é um aspecto importante na redução de custos. A ineficiência dos equipamentos na movimentação de materiais pode acarretar altos custos para a empresa. Os tempos ociosos devem ser otimizados, e se possível, eliminados. Qualquer obstáculo que interfira no fluxo dos materiais deve ser removido, ou se isto não for possível, reduzido ao máximo. A melhoria nas rotas, como por exemplo, a redução dos percursos garante uma utilização otimizada dos

equipamentos de transporte (empilhadeiras, por exemplo), e dos recursos humanos que operam os mesmos.

### **2.4.3 Custos**

Segundo YAMAN (1999) num sistema típico de manufatura, a movimentação de materiais responde por até 25% de todos os funcionários de uma empresa e 55% de toda área ocupada em uma fábrica. Os gastos com movimentação representam um mínimo de 15% de todo o custo de um produto. Melhorando os aspectos mencionados no item “aspectos fundamentais da movimentação”, obtêm-se benefícios, pois assim existe uma maior eficiência do sistema na movimentação do material e, portanto, uma redução nos custos.

## 2.5 PORTAS DE ABERTURA E FECHAMENTO RÁPIDO

Segundo o fabricante de portas rápidas SEBRAS (2014), as portas rápidas automatizadas de abertura e fechamento consistem em equipamentos compostos por um sistema de dobras de lona no sentido vertical, formando uma sobreposição dos módulos num efeito semelhante a uma “sanfona”. As portas possuem uma rápida velocidade de abertura e fechamento, com valores próximos a um metro por segundo. O tipo de acionamento é adequado à necessidade de cada projeto. Existem concepções que permitem que a empilhadeira ou outro veículo com massa metálica ao se aproximarem da porta, sejam percebidos pelo sensor de campo magnético instalado no piso. Com o sinal emitido pelo sensor e processado pelo CLP (controlador lógico programável), a porta se abre. Caso não ocorram novas passagens sobre o sensor, a porta após um período programável volta a fechar.

O painel de fechamento, que se move em forma de sanfona, é fabricado em lona vinílica (trama de fios de nylon coberta com PVC em ambos os lados). Possui visores transparentes para visualização e barras estruturadas para suportar ventos de até 100 km/h. As colunas e cabeceiras são fabricadas em aço carbono.

Por possuírem abertura e fechamento rápidos, são ideais para locais com tráfego contínuo de entrada e saída de cargas e equipamentos para transporte interno como empilhadeiras, onde é necessário manter as condições de limpeza, higiene e temperatura desse ambiente. Outra característica interessante diz respeito às dimensões com que podem ser fabricadas, partindo de três metros de largura até grandes vãos com até vinte metros de largura e vinte metros de altura.

Por ser extremamente leve, o conjunto motorreductor, que aciona as portas rápidas de lona vinílica também é leve e de baixa potência. Uma porta com dimensões próximas a 4,5 metros de altura por 4 metros de largura necessita de um motorreductor com potência de apenas 1,5 KW, o que consiste num motor pequeno para os padrões industriais. Abaixo, na Figura 2, é apresentada uma imagem representativa das portas rápidas.

Figura 2 – Foto de uma Porta Rápida.



*Fonte: Sebras (2014).*

## 2.6 SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E TERMOPARES

Segundo RIBEIRO (2002, p. 262), os termopares são equipamentos que basicamente transformam o calor a que são submetidos, em sinais elétricos posteriormente processados. As extremidades de dois fios metálicos de materiais distintos são trançadas juntas, a fim de proporcionarem dois elementos importantes no sistema de medição de temperatura. Uma das uniões trançadas tem a finalidade de efetuar a medição de fato, já a outra união serve como referência. A diferença de temperatura entre as duas uniões trançadas produz uma diferença de potencial, fenômeno conhecido por *Efeito Seebeck*. Um voltímetro ligado em paralelo ao sistema irá medir, enfim, uma tensão termelétrica gerada pelo calor. Os valores de tensão mensurados são enviados para um processador que converte a tensão em valores de temperatura correspondente.

A união trançada pelos dois metais distintos e que é exposta ao calor, é também conhecida como junta quente ou junta de medição. Já a união de referência é também conhecida como junta fria ou junta de compensação. Inúmeras pesquisas são desenvolvidas a fim de encontrar pares de metais que gerem a máxima tensão quando submetidos a temperaturas diferentes.

Um efeito a ser considerado nas medições de temperatura é a influência das radiações de onda longa, durante a aquisição de medidas de temperatura ambiente em edificações. Segundo BARBOSA et al (2008), a maneira como o equipamento é instalado e a presença de elementos construtivos, fontes de calor nas proximidades e incidência de radiação solar direta nos sensores pode induzir a erros na medição real da temperatura. Essa influência deve ser levada em consideração no momento das medições, e sempre que possível, ser eliminada ou minimizada, afastando-se das fontes de radiação de ondas longas. E quando isto não for possível, utilizar barreiras no equipamento que impeçam a ação ou minimizem os efeitos da radiação.

### 2.6.1 Tipos de Termopares

Existem vários tipos de termopares, sendo que cada um apresenta como característica de funcionamento uma maior linearidade dentro de uma faixa específica de medição. A

existência dos diversos tipos de termopar acaba por facilitar a escolha, pois se consegue obter o termopar específico para determinada faixa de temperatura.

### 2.6.2 Equipamento Para Medição da Temperatura

Para medição da temperatura no interior e no exterior da porta rápida, utilizou-se um medidor de temperatura com sistema de compensação da temperatura ambiente, do fabricante Fluke, modelo 54II com as seguintes características:

- Termopar (tipo): Termopar do tipo K, Chromel Alumel.
- Faixa de temperaturas de operação: 0 à 160°C (faixas em que o instrumento está calibrado, conforme certificado de calibração N° E1462/2013 emitido pelo LABELO (Laboratórios Especializados em Eletrônica Calibração e Ensaio) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- Incerteza (IM):  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  conforme certificado de calibração N° E1462/2013 emitido pelo LABELO.

Na Figura 3, uma imagem representativa do termômetro digital em questão.

Figura 3 – Imagem representativa do termômetro digital do fabricante Fluke, modelo 54II.



Fonte: FLUKE (2014).

## 2.7 MEDIDOR DE VELOCIDADE DO AR TIPO TURBINA

Segundo WHITE (2007, p. 472), os medidores do tipo turbina, também conhecidos como medidores de hélice, consistem em uma hélice de giro livre, instalado no sentido do fluxo de ar ou de outro fluido.

Um sensor elétrico ou magnético é instalado junto à hélice, e registra os pulsos causados pela passagem de um ponto do rotor pelo sensor. A rotação do rotor é fortemente relacionada com a vazão volumétrica do fluido sendo medido.

Cada pulso do rotor, por consequência, equivale a um volume incremental finito de fluido, e os pulsos digitais podem ser facilmente somados, informando então a velocidade do mesmo.

Na maioria dos casos, medidores do tipo turbina utilizados em fluídos, possuem poucas pás, chegando até mesmo a duas, e possuem uma relação constante entre o número de pulsos e o volume de fluido. Medidores para fluídos apresentam uma precisão na ordem 0,25%.

O medidor tipo turbina utilizado para as medições de velocidade do ar nas portas rápidas, consiste no modelo com as seguintes características:

Anemômetro modelo AVM-05/AVM-07.

Fabricante: Prova Instruments Inc.

Faixa de operação de velocidade do ar: 0 à 45 m/s.

Resolução: 0,01 m/s.

Precisão: +/- 0,1 m/s.

Figura 4 – Medidor de velocidade do ar tipo turbina.



Fonte: Prova Instruments (2014).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Reduzir a perda de calor do ambiente industrial para as áreas externas, apresentando uma tecnologia para controle da abertura e fechamento de portas para indústrias, que consiste no emprego destas portas de abertura e fechamento rápido.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apresentar um sistema que garanta o fluxo dos materiais de forma rápida, eficiente e econômica, mesmo com a utilização de portas para a redução das perdas de calor no ambiente industrial.

- Oferecer aos colaboradores um ambiente de trabalho mais agradável do ponto de vista térmico, especificamente nos dias de extremo frio que podem ser observados na região serrana do Rio Grande do Sul e de outros estados.

- Apresentar um sistema de fechamento automático eficiente, rápido e de baixíssimo consumo energético, baixo custo operacional e de manutenção.

## 4 METODOLOGIA

A fim de verificar a eficácia das portas rápidas na melhoria do conforto térmico dos colaboradores, algumas medições de temperatura e velocidade do ar foram efetuadas, sendo que o procedimento será descrito abaixo.

No escopo deste trabalho, foram considerados os dados coletados em duas portas rápidas instaladas em uma empresa de produção de elastômeros borracha, sendo denominadas para fins de diferenciação, como Porta Um e Porta Dois.

A Porta Um encontra-se instalada no acesso ao setor de pré-moldado desta mesma empresa localizada em um município da região serrana do estado do Rio Grande do Sul. A mesma liga o setor ao elevador de transporte de cargas, que finalmente se une a central de distribuição. Por esta porta circula uma quantidade considerável de produtos acabados, que são enviados à central. A Porta Um, no seu vão quando aberta, possui dimensões de 4,5 metros de largura por 4,7 metros de altura. A Porta Um pode ser visualizada na Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Porta Rápida Um localizada no acesso ao setor de pré-moldado.



A Porta Dois encontra-se instalada no acesso ao setor de mistura de elastômeros da mesma empresa, sendo que por essa porta circula grande parte da matéria-prima utilizada nos processos de manufatura, como borracha natural, borracha sintética e pós químicos, num fluxo intenso de empilhadeiras. A Porta Dois, no seu vão quando aberta, possui dimensões de 4,5 metros de largura por 4,7 metros de altura, idênticas a da Porta Um. Abaixo, na Figura 6 pode-se verificar a Porta Dois e o local de sua instalação.

Figura 6 – Porta Rápida Dois localizada no acesso ao setor de mistura.



Em ambas as portas, foram coletados alguns dados como temperatura e velocidade do ar. Nas medições de temperatura do ar, não se utilizou termômetro de globo, portanto os efeitos da radiação térmica das paredes do prédio não foram levados em consideração. Utilizou-se um medidor de temperatura do fabricante Fluke, modelo 54II, mensurando apenas a temperatura do ar. De qualquer forma, a medição apenas da temperatura do ar atende de maneira satisfatória o estudo, pois como citado no referencial teórico, para locais onde o ar se desloca com velocidades mais altas, o fator de maior impacto no conforto térmico é a própria velocidade do ar. As características técnicas do medidor de temperatura Fluke, modelo 54 II, foram citadas no referencial teórico.

Para a coleta de dados referentes à velocidade do ar, foi utilizado o medidor tipo turbina ou anemômetro modelo AVM-05/AVM-07, do fabricante Prova Instruments, cujas características também foram citadas no referencial teórico.

Para a coleta dos dados como temperatura e velocidade do ar nas proximidades das duas portas, as seguintes condições foram observadas:

- Nas duas portas foram efetuadas medidas de temperatura e velocidade do ar, no lado interno do prédio, tanto com as portas abertas como fechadas, para obtenção de padrões de comparação da velocidade do ar e temperatura do ar nas duas condições;

- As medições iniciaram sempre com a porta fechada e antes do início da tomada das temperaturas e velocidades do ar com a porta aberta, aguardou-se um tempo de cinco minutos, a fim de estabilizar a temperatura;

- Novamente nas duas portas, foi obtida a temperatura do ar do lado externo das mesmas, igualmente para comparar as condições climáticas internas e externas do prédio;

- As medidas tanto de temperatura como de velocidade do ar foram tomadas seguindo um padrão de distância das portas, partindo das mesmas (medida zero), e afastando-se delas perpendicularmente num padrão de afastamento de cinco em cinco metros, sendo, portanto, os pontos coletados iguais à zero, cinco, dez, quinze e vinte metros;

- O medidor de temperatura e o anemômetro foram postos a uma altura do piso igual a um metro;

- Para as medidas de temperatura com as portas fechadas e abertas foram consideradas as máximas temperaturas e velocidades do ar em cada ponto, sendo que isto é possível devido ao fato de que ambos os aparelhos apresentam funções de coleta de valores máximos, e ambos foram previamente configurados para tal;

- Para os cálculos referentes ao consumo energético, foi implantada no controlador lógico programável da Porta Dois, uma lógica de contagem de ciclos, que apresenta a cada 24 horas, na tela do controlador, o número de ciclos completos que compreendem a abertura e o fechamento da porta.

- Por não estarem muito próximas de fontes de calor e protegidas do sol, as medições de temperatura próximas das portas não sofreram influência considerável das radiações de ondas longas, e nenhum tipo de proteção contra esta amostra de radiação foi utilizado no medidor de temperatura.

- Afim de realizar algumas comparações entre as características de desempenho de uma porta rápida e uma porta convencional, foi cronometrado o tempo de ciclo completo, compreendendo a abertura e o fechamento, de uma porta convencional basculante em chapas de aço existente na empresa e também verificado na placa do motor elétrico a potência do mesmo. A porta convencional possui as mesmas dimensões quando aberta de 4,5 metros de largura por 4,7 metros de altura, idênticas as das portas Um e Dois.

Abaixo, nas Figuras 7 e 8 apresentam-se os desenhos representativos das portas, do local onde estão instaladas, dos equipamentos e postos de trabalho nas proximidades especialmente da porta do setor de pré-moldado e do local onde foram efetuadas as medições e o padrão de distanciamento até as portas.

Figura 7 – Desenho representativo do local de instalação da Porta Um do setor de pré-moldado.

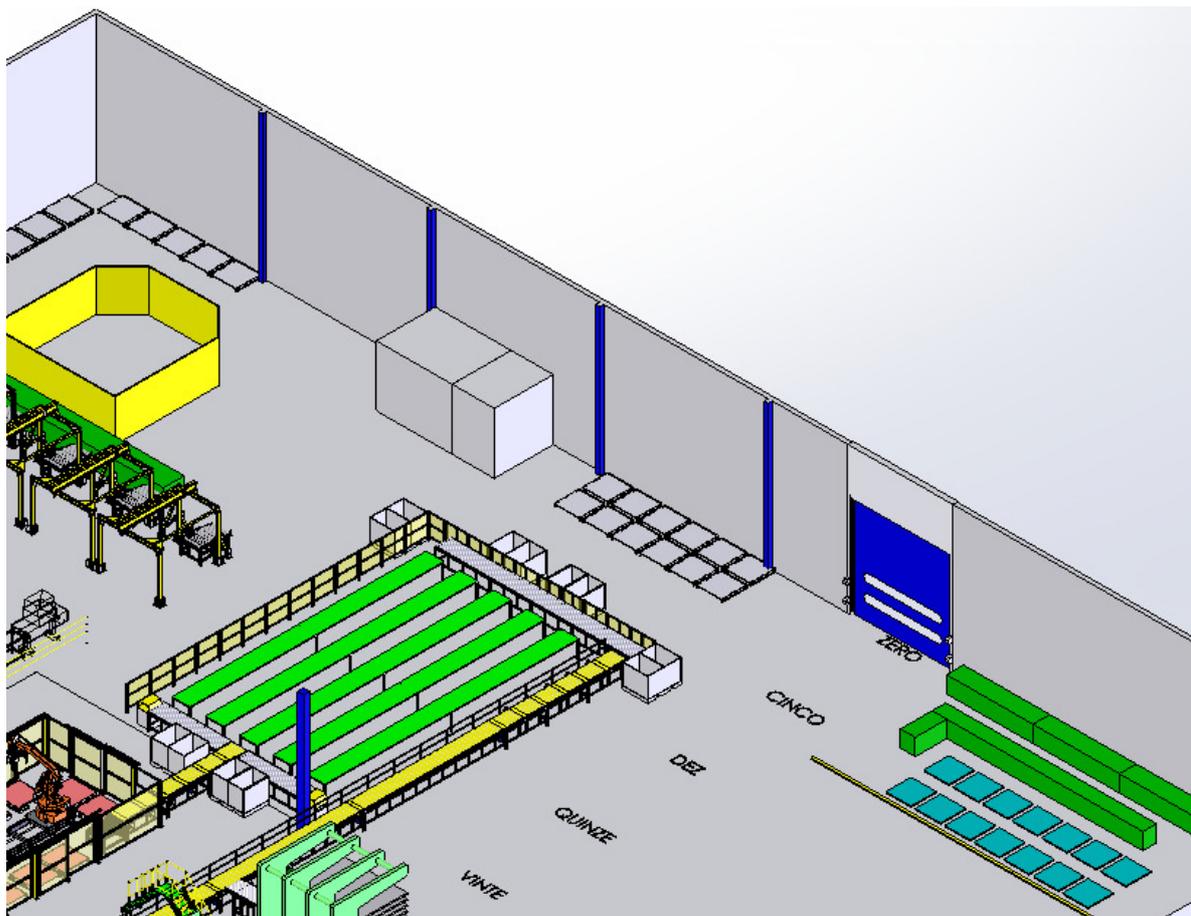
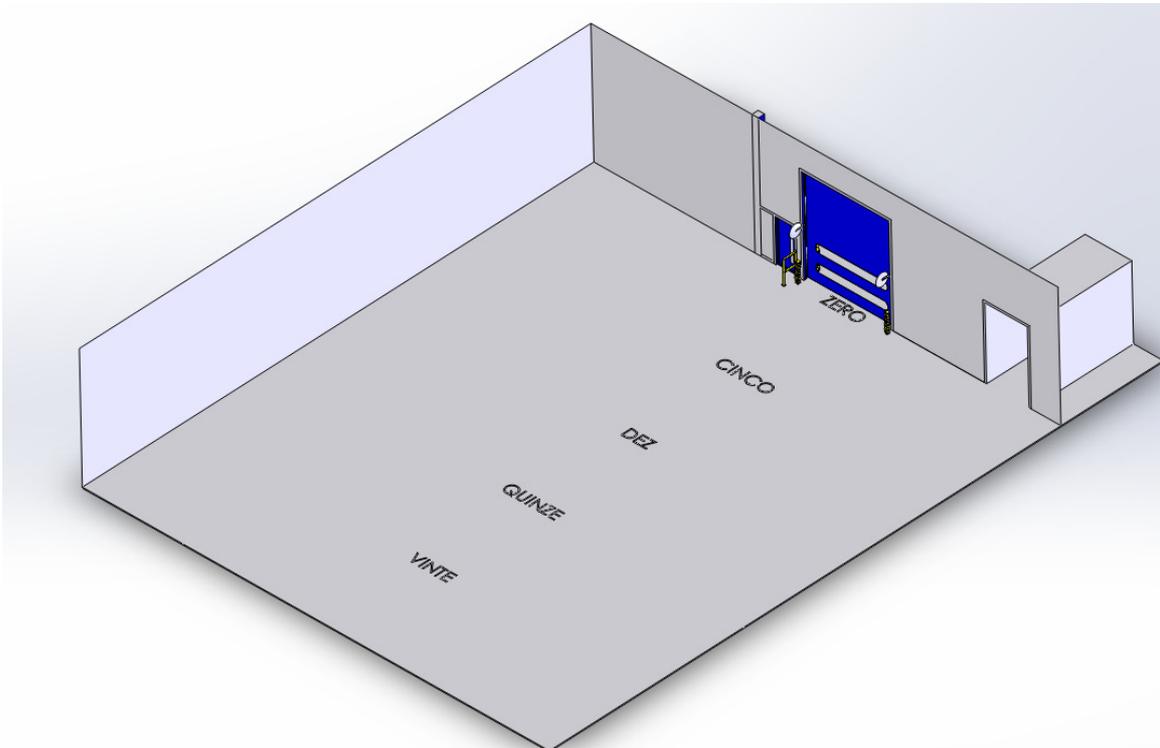


Figura 8 – Desenho representativo do local de instalação da Porta Dois do setor de mistura.



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DAS PORTAS RÁPIDAS**

Com a utilização das portas rápidas, pode-se verificar, conforme os resultados a serem apresentados nos itens 5.1.1 e 5.1.2 abaixo, o ganho obtido nas condições de conforto térmico relativos à temperatura e velocidade do ar. Para tanto, serão apresentadas as planilhas com as medições de temperatura e velocidade do ar, para cada uma das portas em estudo e os gráficos que comparam as temperaturas medidas com as portas abertas e fechadas, para todos os casos.

Os resultados apresentados nas tabelas compreendem as temperaturas internas e externas nas portas, tanto na condição de porta aberta como na condição de porta fechada. Estas medições permitem que se obtenha a variação entre a temperatura no lado externo da porta e o interior da fábrica, fator importante para comprovar a eficiência na melhoria do conforto térmico. Outra variação de temperatura mensurada consiste no comparativo entre as temperaturas no lado externo e o interior da empresa, porém com a porta aberta.

#### **5.1.1 Resultados das Medições na Porta Um**

Abaixo serão descritos os resultados das medições efetuadas na Porta Um, sendo que foram realizados levantamentos em dois horários diferentes do dia. Em todos serão apresentados os dados de velocidade do ar e temperatura, tanto na condição de porta aberta quanto na condição de porta fechada.

##### **5.1.1.1 Resultados das Medições na Porta Um – Horário 7 h 10 min – 7 h 20 min da Manhã**

Abaixo, na Tabela 1, apresentam-se os resultados das medições na Porta Um com a mesma na condição fechada, no horário das 7 h 10 min da manhã. Conforme descrito na mesma tabela, as condições climáticas nesta primeira medição correspondem a uma temperatura externa do prédio no valor de 2,4° C. A velocidade do ar, no interior da porta e

com a mesma também na condição fechada, para todos os casos obteve-se o valor igual à zero, em metros por segundo (m/s). As temperaturas internas obtidas correspondem aos valores abaixo, nas distâncias de zero a vinte metros em relação à porta, obtendo-se finalmente o cálculo da média para estes cinco valores registrados, que corresponde a uma temperatura de 8,86°C.

Outro dado comparativo importante que pode ser verificado nesta mesma planilha, consiste no cálculo entre a diferença das temperaturas internas individuais com relação à temperatura externa, no valor anteriormente citado igual a 2,4°C, a fim de se obter o ganho de temperatura obtido com a porta fechada. A variação média calculada nas cinco medições, na distância de zero a vinte metros corresponde ao valor de 6,46° C.

Tabela 1 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na porta um, na condição fechada, horário 7 h 10 min.

Medições na Porta Um - Horário 7 h 10 min - Temperatura externa 2,4°C - Condição da porta - Fechada

Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Variação entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	8,8	0	6,4
5	8,8	0	6,4
10	8,9	0	6,5
15	8,9	0	6,5
20	8,9	0	6,5

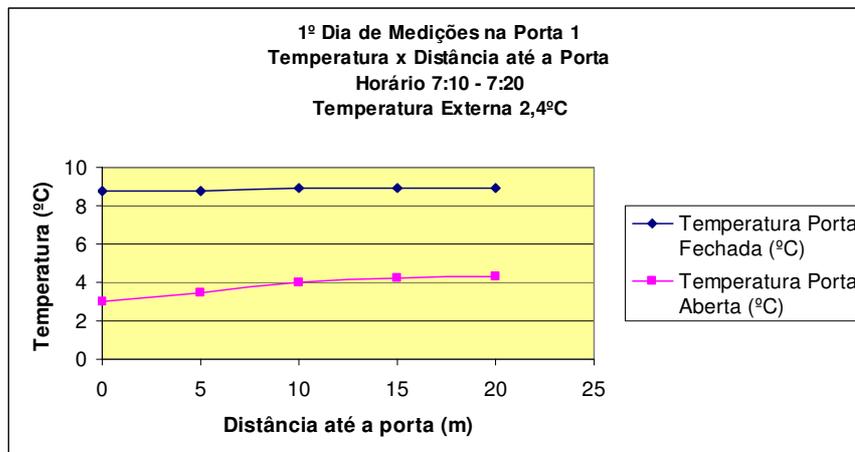
A Tabela 2, abaixo, apresenta os mesmos parâmetros de medições da Tabela 1 apresentada acima, porém na condição de porta aberta. Foram realizadas as medições no horário das 7 h 20 min da manhã, no mesmo dia. A temperatura externa para esta situação continua sendo igual a 2,4° C. A velocidade média do ar, no interior da porta e com a mesma também na condição aberta, para as cinco medições é igual a 2,08 m/s. As temperaturas verificadas nos cinco pontos, também podem ser verificadas nesta mesma tabela, sendo que a média para as cinco medições é igual a 3,8°C. A média da variação entre a temperatura interna e externa é igual a 1,4°C.

Tabela 2 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na porta um, na condição aberta, horário 7 h 20 min.

Medições na Porta 1 - Horário 7 h 20 min - Temperatura externa 2,4°C			
Condição da porta: Aberta			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Varição entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	3	2,3	0,6
5	3,5	2,2	1,1
10	4	2	1,6
15	4,2	2	1,8
20	4,3	1,9	1,9

Ilustrando os valores de temperatura das Tabelas 1 e 2, um gráfico é apresentado na Figura 9 abaixo, onde pode-se verificar as curvas de temperatura na condição de porta aberta e na condição de porta fechada, para as medições no horário entre 7 h 10 min e 7 h 20 min da manhã.

Figura 9 – Representação gráfica dos perfis de Temperatura na Porta Um, nas condições de porta aberta e porta fechada, horário da 7 h 10 min às 7 h 20 min da manhã.



### 5.1.1.2 Resultados das Medições na Porta Um – Horário 10 h 30 min – 10 h 40 min da Manhã

Uma segunda coleta de dados foi realizada para a Porta Um, no horário entre 10 h 40 min e 10 h 50 min da manhã do mesmo dia. Para a porta na condição fechada, os valores mensurados estão dispostos na Tabela 3 abaixo e os seguintes valores médios foram calculados:

- Velocidade média do ar: 0 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 13,04°C;
- Temperatura externa: 9°C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 4,04°C;

Tabela 3 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na porta um, na condição aberta, horário das 10 h 30 min.

Medições na Porta 1 - Horário 10 h 30 min - Temperatura externa 9°C			
Condição da porta - Fechada			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Variação entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	12,8	0	3,8
5	13,8	0	4,8
10	12,7	0	3,7
15	13	0	4
20	12,9	0	3,9

Para efeitos de comparação, no mesmo horário entre as 10 h 30 min e 10 h 40 min da manhã e no mesmo dia, foram levantados para a Porta Um na condição aberta, os seguintes valores médios. Abaixo na Tabela 4, estão listados os valores mensurados.

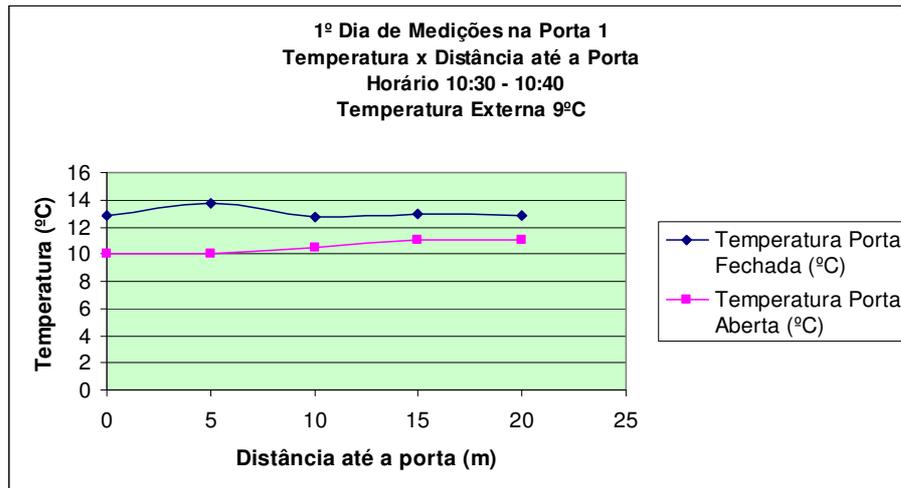
- Velocidade média do ar: 1,78 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 10,75°C;
- Temperatura externa: 9°C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 1,5°C.

Tabela 4: valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na porta um, na condição aberta, horário 10 h 40 min.

Medições na Porta 1 - Horário 10 h 40 min - Temperatura externa 9°C			
Condição da porta - Aberta			
Distância até a porta (m)	Tempertaura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Variação entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	10	1,8	1
5	10	1,8	1
10	10,5	1,7	1,5
15	11	1,7	2
20	11	1,9	2

Ilustrando novamente os valores de temperatura das Tabelas 3 e 4, a Figura 10 abaixo apresenta um gráfico onde pode-se verificar as curvas de temperatura na condição de porta aberta e na condição de porta fechada, para as medições no horário entre às 10 h 30 min e 10 h 40 min da manhã.

Figura 10 – Representação gráfica dos perfis de temperatura na Porta Um, nas condições de porta aberta e porta fechada, horário da 10:30h às 10 :40h da manhã.



### 5.1.2 Resultados das Medições na Porta Dois

Abaixo, serão descritos os resultados das medições efetuadas na Porta Dois, sendo que foram realizados levantamentos em dois horários diferentes, coletados no mesmo dia. Em todos serão apresentados os dados de velocidade do ar e temperatura, tanto na condição de porta aberta quanto na condição de porta fechada. As mesmas variáveis levantadas na Porta Um serão apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

#### 5.1.2.1 Resultados das Medições na Porta Dois – Horário 7 h 30 min – 7 h 40 min da Manhã

Na primeira coleta de dados realizada para a Porta Dois, no horário entre as 7 h 30 min e 7 h 40 min da manhã do mesmo dia, para a porta na condição fechada, os valores mensurados estão dispostos na Tabela 5 abaixo, e os seguintes valores médios foram calculados:

- Velocidade média do ar: 0 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 10,8° C;
- Temperatura externa: 6,8° C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 4,0° C.

Tabela 5 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na Porta Dois, na condição fechada, horário 7 h :30 min.

Medições na Porta 2 - Horário 7 h 30 min - Temperatura externa 6,8° C			
Condição da porta - Fechada			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Variação entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	10,5	0	3,7
5	10,6	0	3,8
10	11	0	4,2
15	11	0	4,2
20	10,9	0	4,1

Para efeitos de comparação, no mesmo horário entre as 7 h 30 min e 7 h 40 min da manhã e no mesmo dia foram levantados para a Porta Dois na condição aberta, os seguintes valores médios. Abaixo, na Tabela 6, estão listados os valores mensurados:

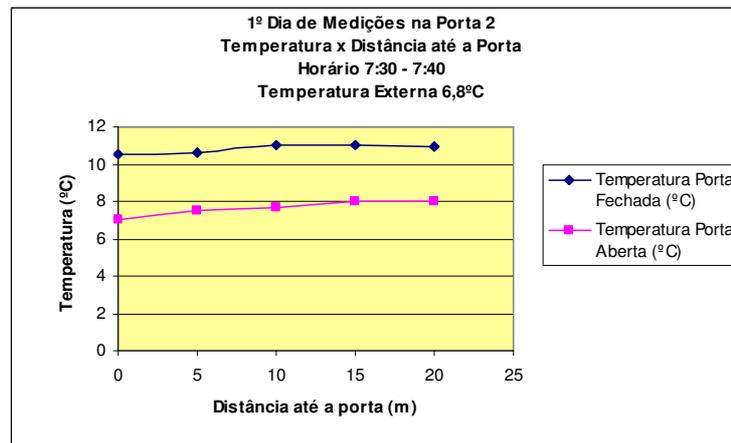
- Velocidade média do ar: 1,50 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 7,64° C;
- Temperatura externa: 6,8° C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 0,84° C.

Tabela 6 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na Porta Dois, na condição aberta, horário 7 h 40 min.

Medições na Porta 2 - Horário 7 h 40 min - Temperatura externa 6,8° C - Condição da porta - Aberta			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Variação entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	7	1,4	0,2
5	7,5	1,6	0,7
10	7,7	1,6	0,9
15	8	1,5	1,2
20	8	1,4	1,2

Ilustrando novamente os valores de temperatura das Tabelas 5 e 6, a Figura 11 abaixo apresenta um gráfico onde pode-se verificar as curvas de temperatura na condição de porta aberta e na condição de porta fechada, para as medições no horário entre às 7 h 30 min e 7 h 40 min da manhã.

Figura 11 – Representação gráfica dos perfis de Temperatura na Porta Dois, nas condições de porta aberta e porta fechada, horário das 7 h 30 min às 7 h 40 min da manhã.



### 5.1.2.2 Resultados das Medições na Porta Dois – Horário 10 h 40 min – 10 h 50 min da Manhã

Na segunda coleta de dados realizada para a Porta Dois, no horário entre as 10 h 40 min e 10 h 50 min da manhã do mesmo dia, para a porta na condição fechada, os valores mensurados estão dispostos na Tabela 7 abaixo, e os seguintes valores médios foram calculados:

- Velocidade média do ar: 0 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 15° C;
- Temperatura externa: 12° C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 3,0° C.

Tabela 7 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na Porta Dois, na condição fechada, horário 10 h 40 min.

Medições na Porta 2 - Horário 10 h 40 min - Temperatura externa 12,0°C			
Condição da porta - Fechada			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Varição entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	14,7	0	2,7
5	14,9	0	2,9
10	15	0	3
15	15,2	0	3,2
20	15,2	0	3,2

Novamente, para efeitos de comparação, no mesmo horário entre as 10 h 40 min e 10 h 50 min da manhã e no mesmo dia, foram levantados para a Porta Dois na condição aberta, os seguintes valores médios. Abaixo na Tabela 8, estão listados os valores mensurados:

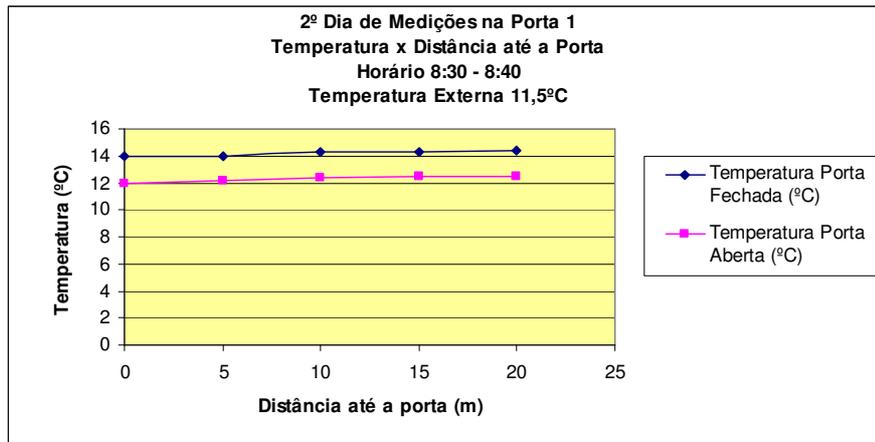
- Velocidade média do ar: 2,06 m/s;
- Temperatura média nos cinco pontos: 12,38° C;
- Temperatura externa: 12° C;
- Variação média entre a temperatura interna e externa nos cinco pontos: 0,34° C.

Tabela 8 - valores das medições de temperatura, velocidade do ar e variação entre a temperatura interna e externa na Porta Dois, na condição aberta, horário 10 h 50 min.

Medições na Porta 2 - Horário 10 h 50 min - Temperatura externa 12° C			
Condição da porta - Aberta			
Distância até a porta (m)	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Varição entre a temperatura interna e a temperatura externa (°C)
0	12,1	1,9	0,1
5	12,3	2,1	0,3
10	12,3	2,2	0,3
15	12,5	2	0,5
20	12,5	2,1	0,5

Finalmente, como último gráfico, estão apresentados novamente os valores de temperatura das Tabelas 7 e 8 na Figura 12 abaixo, onde pode-se verificar as curvas de temperatura na condição de porta aberta e na condição de porta fechada, para as medições no horário entre às 10 h 40 min e 10 h 50 min da manhã.

Figura 12 – Representação gráfica dos perfis de Temperatura na Porta Dois, nas condições de porta aberta e porta fechada, horário da 10 h 40 min às 10 h 50 min da manhã.



## 5.2 Levantamento de Consumo Energético e Custo de Operação da Porta 2

Para o levantamento do consumo energético das portas rápidas, foi primeiramente implantada, no controlador lógico programável da Porta Dois, uma lógica de contagem de ciclos, que apresenta a cada 24 horas, o número de ciclos completos, que compreendem a abertura e o fechamento da porta. A escolha da Porta Dois para a implantação do contador se deve ao fato de que a mesma é a porta mais solicitada, com o maior fluxo de empilhadeiras. No total foram coletados os dados referentes à 72 horas ou três dias ininterruptos de operação. Os valores coletados estão listados na Tabela 9 abaixo, sendo que o número de ciclos médio para uma hora de operação é igual 29,86 ciclos.

Tabela 9 - valores referentes ao número de ciclos, tempo da porta em ciclo, consumo energético e custo energético da Porta Dois.

Tempo de Ciclo e Custos de Operação da Porta						
	Número de ciclos em 24 horas de trabalho	Número de Ciclos por hora	Tempo de ciclo (abertura e fechamento) (s)	Tempo da porta em ciclo (período de uma hora) (s)	Tempo da porta em ciclo (período de uma hora) (h)	Potencia Nominal (KW)
	650	27,08333333	9,4	254,5833333	0,070717593	1,5
	770	32,08333333	9,4	301,5833333	0,083773148	1,5
	730	30,41666667	9,4	285,9166667	0,079421296	1,5
<b>Médias</b>	<b>716,67</b>	<b>29,86</b>	<b>9,4</b>	<b>280,69</b>	<b>0,078</b>	<b>1,5</b>
	Consumo médio em uma hora (KW h)	Custo do KW h (R\$)	Custo energético da porta (R\$/h)	Consumo médio em um dia - 24 horas (KW h)	Custo energético em 24 horas (R\$)	Custo energético mensal - 24 dias de operação
	0,106076389	R\$ 0,30	R\$ 0,032	2,5458	R\$ 0,76	R\$ 18,33
	0,125659722	R\$ 0,30	R\$ 0,038	3,0158	R\$ 0,90	R\$ 21,71
	0,119131944	R\$ 0,30	R\$ 0,036	2,8592	R\$ 0,86	R\$ 20,59
<b>Médias</b>	<b>0,1169</b>	<b>R\$ 0,30</b>	<b>R\$ 0,035</b>	<b>2,8069</b>	<b>R\$ 0,84</b>	<b>R\$ 20,21</b>

Além do número de ciclos, foram cronometrados os tempos de abertura e fechamento da Porta Dois, sendo este valor igual a 9,4 segundos para o ciclo completo. Multiplicando-se o tempo de ciclo pelo número de ciclos por hora, obtém-se o tempo total em que a porta encontra-se operante num período de uma hora, sendo este igual a 280,69 segundos ou 0,078 horas.

Com base no número de ciclos, e conhecendo a potência nominal do conjunto motorreductor, pode-se calcular o consumo energético da porta em uma hora, em KW h, multiplicando-se a potência nominal do motor pelo tempo da porta em ciclo, no período. O consumo energético médio por hora também é apresentado na tabela 9, sendo que o mesmo é igual a 0,1169 KW h. O consumo energético em 24 horas de uso é igual a 2,8069 KW h.

Finalmente, considerando o valor médio do KW h para padrões industriais, igual a R\$ 0,30 pode-se calcular o custo em R\$/h do consumo energético da porta, sendo este igual a R\$

0,035; e finalmente para o valor mensal, considerando-se 24 dias de trabalho no mês e operação durante as vinte e quatro horas do dia, que é igual a R\$ 20,21.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através dos valores de temperatura e velocidade do ar, demonstrados anteriormente, e dos valores comparativos encontrados para as portas nas condições fechada e aberta, pode-se observar ganhos positivos nas condições climáticas e no conforto térmico para os colaboradores com a utilização das portas rápidas. Este fato pode ser comprovado com o aumento de temperatura obtido com as portas na condição fechada, verificado através da diferença entre a temperatura interna do prédio e a temperatura externa. A maior diferença observada verificou-se na Porta Um, no horário das 7 h 10 min, sendo que a diferença média entre as temperaturas alcançou  $6,46^{\circ}\text{C}$  dentro dos vinte metros na proximidade da porta, onde as temperaturas foram coletadas. É justamente nesta série de medições que se observa a menor temperatura externa, igual a  $2,4^{\circ}\text{C}$ . Com a porta fechada, obteve-se ainda uma temperatura média igual a  $8,86^{\circ}\text{C}$ ; já com a porta aberta, a temperatura média alcançou um valor de  $3,8^{\circ}\text{C}$ , bastante inferior se comparada com a temperatura da porta na condição fechada e muito próximo da temperatura externa. Outros ganhos médios de temperatura são: para a Porta Um, igual a  $4,04^{\circ}\text{C}$  no horário das 10 h 30 min; para a Porta Dois, no horário das 7 h 30 min, obteve-se o ganho médio de  $4^{\circ}\text{C}$  e finalmente, no horário das 10 h 30 min, alcançou-se um ganho de  $3^{\circ}\text{C}$ .

Quanto à velocidade do ar, observou-se que a mesma é igual a zero em todos os pontos verificados e para todas as medições, tanto na Porta Um quanto na Porta Dois, quando as mesmas encontram-se na condição fechada. Este fato também é de extrema importância no ponto de vista do conforto térmico, e talvez até mais importante do que a temperatura para o bem estar dos colaboradores. Além disso, com a utilização da porta consegue-se atingir o que exige a norma NR 17, que determina que a velocidade do ar não ultrapasse  $0,75\text{ m/s}$ , em atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constante, mesmo que essa seja uma determinação mais direcionada a trabalhos em escritórios. Com a porta aberta, as velocidades médias observadas para a Porta Um: iguais a  $2,08\text{ m/s}$  e  $1,78\text{ m/s}$ ; e para a Porta Dois:  $1,50\text{ m/s}$  e  $2,06\text{ m/s}$ , respectivamente. Em todos os casos, a velocidade do ar ultrapassou o limite estabelecido pela norma NR 17, que é igual a  $0,75\text{ m/s}$ .

No que diz respeito à influência da porta na movimentação de matéria-prima e produtos acabados com as empilhadeiras, percebe-se que existe uma influência da porta nos tempos de deslocamento dos mesmos, porém, como as empilhadeiras precisam esperar apenas o tempo da porta abrir, que é metade do ciclo, pode-se constatar que a influência da mesma é pequena. Como o tempo médio que a porta permanece no ciclo em uma hora é igual a 280,69 segundos e como o mesmo é dividido por dois, para o tempo de espera das empilhadeiras, o tempo em que permanecem paradas é igual a 140,35 segundos em uma hora, ou em termos percentuais igual a 3,89% do tempo em que estão trafegando. Este tempo, ao que parece, não interfere no bom andamento dos processos logísticos de materiais na empresa. Este pequeno acréscimo é compensado pelo melhor ambiente de trabalho ofertado aos colaboradores, com o aumento da satisfação e da produtividade dos mesmos.

Outro ganho em termos energéticos, que o emprego das portas oferece, é o aumento da eficiência de equipamentos aquecidos a vapor que estão instalados no setor de pré-moldado, setor este responsável pela produção da matéria-prima que é enviada aos reformadores de pneus. No processo de vulcanização das bandas de pré-moldado, as mesmas são vulcanizadas em grandes prensas hidráulicas aquecidas a vapor, e por possuírem mais de treze metros de comprimento, estas prensas apresentam uma grande área superficial em contato com o ambiente. Portanto, o aumento da temperatura e a eliminação do fluxo de ar no ambiente favorece o processo e reduz o consumo de vapor, e conseqüentemente, a queima de combustível na caldeira.

Antes de serem instaladas as portas rápidas, existiam nos locais portas basculantes convencionais confeccionadas em chapas de aço, comumente utilizadas em prédios industriais. Em uma situação hipotética, caso fosse utilizada uma porta convencional nas mesmas condições de trabalho da Porta Dois e portanto submetida ao mesmo número médio de ciclos por hora, os seguintes valores seriam obtidos sendo que os mesmos podem ser visualizados na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Valores estimativos referentes ao número de ciclos, tempo da porta em ciclo, consumo energético e custo energético da Porta Dois no modelo convencional basculante confeccionado em chapas de aço.

Tempo de Ciclo e Custos de Operação da Porta Convencional						
	Número de ciclos em 24 horas de trabalho	Número de Ciclos por hora	Tempo de ciclo (abertura e fechamento) (s)	Tempo da porta em ciclo (período de uma hora) (s)	Tempo da porta em ciclo (período de uma hora) (h)	Potencia Nominal (KW)
	650	27,08333333	70	1895,833	0,527	1,000
	770	32,08333333	70	2245,833	0,624	1,000
	730	30,41666667	70	2129,167	0,591	1,000
<b>Médias</b>	<b>716,67</b>	<b>29,86</b>	<b>70</b>	<b>2090,28</b>	<b>0,581</b>	<b>1,000</b>
	Consumo médio em uma hora (KW h)	Custo do KW h (R\$)	Custo energético da porta (R\$/h)	Consumo médio em um dia (KW h)	Custo energético em 24 horas(R\$)	Custo energético mensal - 24 dias de operação
	0,527	R\$ 0,30	R\$ 0,16	12,63889	R\$ 3,79	R\$ 91,00
	0,624	R\$ 0,30	R\$ 0,19	14,97222	R\$ 4,49	R\$ 107,80
	0,591	R\$ 0,30	R\$ 0,18	14,19444	R\$ 4,26	R\$ 102,20
<b>Médias</b>	<b>0,581</b>	<b>R\$ 0,300</b>	<b>R\$ 0,17</b>	<b>13,93519</b>	<b>R\$ 4,18</b>	<b>R\$ 100,333</b>

Uma série de comparações podem ser realizadas entre os dados apresentados nas Tabelas 9 e 10. Abaixo, na Tabela 11 apresentam-se alguns destes dados comparativos de desempenho entre a porta rápida e a porta convencional.

Tabela 11 – Comparativo de desempenho entre a porta rápida e a porta convencional.

Comparativo de Desempenho Entre a Porta Rápida e a Porta Convencional		
	Porta Rápida	Porta Convencional)
Tempo de ciclo (abertura e fechamento) (s)	9,4	70
Tempo médio da porta em ciclo em uma hora (s)	280,69	2090,28
Custo médio de operação da porta (R\$/h)	R\$ 0,04	R\$ 0,17
Custo médio de operação em 24 horas(R\$)	R\$ 0,84	R\$ 4,18
Custo energético médio mensal - 24 dias de operação (R\$)	R\$ 20,21	R\$ 100,33
Consumo médio (KW h)	0,117	0,581

A partir das comparações apresentadas na Tabela 11, pode-se verificar através dos números apresentados as grandes vantagens em condições de desempenho que a porta rápida oferece. Em termos de tempos de ciclo, a porta convencional é 7,43 vezes mais lenta do que a porta rápida. Em decorrência destes ciclos lentos várias implicações podem ser observadas, sendo a primeira a queda na eficiência em relação ao conforto térmico. Por permanecer 2090,28 segundos em uma hora realizando ciclos completos de abertura e fechamento, ou percentualmente 58% do tempo, a porta traria poucos benefícios para a melhoria do conforto térmico e os colaboradores permaneceriam expostos por longos períodos aos efeitos das baixas temperaturas e do fluxo de ar. Outro ponto importante diz respeito ao fluxo das empilhadeiras que teriam que aguardar 35 segundos a cada passagem pela mesma até que a porta abrisse, sendo esta espera em uma hora é igual a 1045,14 segundos ou 29% do tempo em termos percentuais. Este tempo ocioso acabaria por prejudicar o fluxo dos materiais e se comparado ao tempo de espera de apenas 140,35 segundos em uma hora da porta rápida, demonstra de maneira ainda mais explícita a baixa eficiência das portas convencionais basculantes para esta finalidade.

Em termos energéticos e de custo de operação, as portas convencionais são 4,97 vezes mais dispendiosas que as portas rápidas, mesmo possuindo uma motorização com potência de 1 KW, menor do que a da porta rápida que é de 1,5 KW.

Com base nestas considerações, pode-se concluir que as portas convencionais não possuem características construtivas que atendam de maneira satisfatória condições onde ocorram fluxos intensos de materiais e altas ciclagens, por não serem concebidas para esta finalidade. Estas portas metálicas atendem apenas condições de poucas aberturas e fechamentos diários e são mais indicadas para servirem como dispositivos de proteção do

patrimônio contra roubos e furtos. Abaixo na Figura 9 apresenta-se para fins ilustrativos uma foto de uma porta metálica basculante.

Figura 13 – Imagem representativa de uma porta basculante construída em chapas de aço.



## 7 CONCLUSÃO

Após todos os levantamentos e análises realizadas neste trabalho, pode-se concluir que a utilização das portas rápidas como forma de proporcionar melhorias no conforto térmico demonstra-se uma alternativa realmente eficaz, pois influi minimamente no fluxo de materiais e no tráfego de empilhadeiras, além de ser extremamente eficiente do ponto de vista energético, com baixo custo operacional, principalmente do ponto de vista energético. Comprova-se ainda mais que as vantagens que este tipo de porta oferece destacam-se com maior ênfase em locais com alto tráfego logístico, devido aos ciclos extremamente rápidos que as mesmas apresentam.

Os dados levantados neste trabalho restringiram-se a apenas duas portas, ambas instaladas nas dependências de uma mesma empresa. Uma sugestão para dar continuidade aos estudos relativos as portas rápidas consiste em aumentar o número de portas analisadas, instaladas em outras empresas e em outros municípios, o que permitiria obter-se um maior volume de dados para posterior análise estatística. Realizar medições em diversos horários e em condições climáticas diversas, como em dias de frio acentuado ou com ventos mais intensos na parte externa dos prédios também contribuiria para uma análise mais apurada.

Finalmente, como sugestão para trabalhos futuros a respeito do emprego de portas rápidas, pode-se estudar a utilização das mesmas em galpões frigoríficos, para o controle de acesso de empilhadeiras e funcionários. Como nestas utilizações o montante de energia utilizado na refrigeração geralmente é alto, o tempo em que as portas permanecem abertas para o acesso a área refrigerada, é um fator que influencia na eficiência energética do sistema. Portas abertas por um longo período acabam por aumentar o consumo energético do sistema de refrigeração, por isso a necessidade de ciclos rápidos de abertura e fechamento. Nesta situação, é possível calcular com maior precisão os ganhos financeiros e energéticos obtidos com a implantação das portas. Além do mais, sabe-se que o emprego das mesmas para esta finalidade tem aumentado a cada dia, o que acresce a relevância do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, Mirian Jerônimo; LAMBERTS, Roberto; GUTHS, Saulo. **Uso de Barreiras de Radiação para Minimizar o Erro no Registro das Temperaturas do Ar em Edificações**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

FLUKE; **Catálogo de Produtos**, 2014. Disponível em: <http://en-us.fluke.com/products/thermometers/fluke-54-ii-thermometer.html>. Data de Acesso: Setembro de 2014.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER. Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5ª edição. Editora Studio Nobel, 1987.

GUARNIERI, Patrícia; HATAKEYAMA, Kazuo; DUTRA, Divonsir; PAGANI, Regina; RESENDE, Luis; PILATTI, Luiz - **The reverse logistics agregatting economic, legal and ecological value to wood residues**. Third International Conference on Production Research – Americas' Region (ICPR-AM06), 2006.

MEYERS, Fred E.; STEPHENS, Matthew L. - **Manufacturing Facilities Design and Material Handling**. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 2000.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR 17 – Ergonomia**, 1990. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr\\_17.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf). Data de acesso: Junho de 2014.

PROVA INSTRUMENTS. **Catálogo de Produtos**, 2014. Material disponível em: <http://meterindia.com/Catalog/ANEMOMETER/Prova%20AVM-07.pdf>. Data de acesso: Setembro de 2014.

PROCEL EDIFICA. **Ventilação Natural em Edificações**. ELETROBRAS, 2010. Disponível em: <http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/425.pdf> . Data de Acesso: Setembro de 2014.

PRODUCTIVITY SCIENCE. **What temperature is best for your productivity**, 2008. Disponível em: <http://www.productivity-science.com/blogen/post/What-temperature-is-best-for-your-productivity.aspx>. Data de acesso: Junho de 2014.

RAY, Siddhartha - **Introduction to Material Handling**. 1ª Ed. New Delhi: New Age International (P) Ltd., Publishers, 2008.

RIBEIRO, Marco A. **Instrumentação**. 9ª Ed. Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2002.

SEBRAS – **Portas Rápidas**, 2014. Disponível em: <http://www.sebras.com.br/>. Data de acesso: Junho de 2014.

WHITE, Frank M. **Mecânica dos Flúidos**. 6<sup>a</sup> Ed. Mc GRAW Hill, 2007.

YAMAN, R- - **A Knowledge-Based Approach for Selection of Material Handling Equipment and Material Handling System Pre-design**. Turkey: Tübitak, 1999. Disponível em: <http://journals.tubitak.gov.tr/engineering/issues/muh-01-25-4/muh-25-4-3-9907-9.pdf>>. Data de acesso: Junho de 2014.