

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

ANDERSON DE MELO

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA SIMULADOR DE CONDIÇÕES
AMBIENTAIS PARA TESTE DE BLINDAGEM EM VIDROS DE
VEÍCULOS.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

ANDERSON DE MELO

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA SIMULADOR DE CONDIÇÕES
AMBIENTAIS PARA TESTE DE BLINDAGEM EM VIDROS DE
VEÍCULOS.**

Monografia de Especialização,
apresentada ao Curso de Especialização
em Automação Industrial, do
Departamento Acadêmico de Eletrônica,
da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR, como requisito parcial
para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Alceu
Schneider

CURITIBA
2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente devo agradecimentos eternos à Deus, o centro da minha vida, que me sustentou e permitiu que eu pudesse chegar até aqui

À minha esposa, Ana Lucia, por sua compreensão e carinho nos momentos mais difíceis, além de todo o incentivo oferecido e por acreditar que realmente este trabalho poderia ser realizado.

Aos meus pais, João e Teresinha, pelo amor e esforço, e por acreditarem no meu potencial.

Ao Prof. Guilherme, que acreditou em mim e na minha proposta, orientando-me e possibilitando esta pesquisa.

A todos os professores do curso de Especialização em Automação Industrial, pelo esforço em compartilhar seus conhecimentos e experiência.

A todos aqueles que, de certa forma, me auxiliaram na realização deste trabalho, obrigado.

RESUMO

MELO, Anderson de. **Automação do sistema simulador de condições ambientais para teste de blindagem em vidros de veículos**: 2016. 30 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Melhorar a qualidade de seus produtos é a busca incansável de todas as empresas. Na indústria de vidros blindados não é diferente, considerando que a qualidade e a durabilidade dos produtos garantem a vida dos usuários. Uma das maneiras de garantir a qualidade dos produtos no mercado de blindagem é a execução de ensaios em laboratório. O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa onde o processo de envelhecimento é realizado por um simulador comercial da marca Vostch, muito utilizada nas empresas de automobilismo, medicamentos e alimentícia. No entanto, o aumento da demanda da produção surgiu à necessidade de desenvolver um simulador ambiental próprio para realizar testes com vidros blindados, que foi denominado SSCAVB. O simulador ambiental comercial da Vostch trabalha como uma espécie de forno ou geladeira onde se coloca as peças a serem envelhecidas sobre as grades e executa-se o teste. Os testes são realizados com radiações UV, com temperatura e umidade controladas. Conforme especificação do fabricante a cada dez dias em teste equivalem a seis meses de utilização normal. O SSCAVB conta com o sistema de lâmpadas UV (ultra-violeta) e IR (infra-vermelho), atuadores pneumáticos que fazem pressão sobre os vidros e vibradores, buscando uma simulação mais próxima da realidade. Além disso o SSCAVB possui dois controles: de aquecimento e refrigeração. Deste modo o sistema de simulação permite testar o vidro em condição de aquecimento e refrigeração mútuos (um de cada lado), submetendo o produto às características de um vidro em condições normais de uso. A construção do SSCAVB foi realizada com produtos 100% nacionais, sempre buscando uma boa relação custo/benefício. A automação do sistema foi realizada com relé programável da Siemens comercialmente conhecido por LOGO Siemens, com o programa escrito em Ladder, executando perfeitamente as funções a ele atribuídas. Foi possível observar que apesar de realizar os testes em um pequeno período de tempo os resultados foram bem interessantes, as peças testadas no SSCAVB tiveram as mesmas características do simulador da Vostch.

Palavras chave: Relé programável. Simulador ambiental para vidros blindados. Testes para sistemas de blindagem.

ABSTRACT

MELO, Anderson de. **Automation system simulator environmental conditions for screening test for vehicle windows**. 2016. 30 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

Improve the quality of their products is the relentless pursuit of all businesses. In the armored glass industry is no different, considering that the quality and durability of products guarantee the lives of users. One way to ensure the quality of products in the armor market is performing laboratory tests. This work was developed in a company where the aging process is performed by a commercial simulator Vostch brand, widely used in motor racing companies, medicines and food. However, the increased production demand arose the need to develop an environmental simulator for testing himself with armored glass, which was named SSCAVB. The commercial environment simulator Vostch works as a kind of oven or refrigerator which is placed the parts to be aged on the railings and performs the test. The tests are performed with UV radiation, temperature and humidity controlled. As specified by the manufacturer every ten days in test equivalent to six months of normal use. The SSCAVB has the UV lamp system (ultra-violet) and IR (infra-red), pneumatic actuators that make pressure on the glazing and vibrators, seeking a closer to reality simulation. Also, the SSCAVB has two controls: heating and cooling. Thus, the simulation test system allows the glass in mutual heating and cooling condition (one each side), subjecting the product to the characteristics of a glass under normal conditions of use. The construction of SSCAVB was performed with 100% domestic products, always looking for a cost / benefit. The automation of the system was carried out with Siemens programmable relay commercially known as Siemens LOGO with the program written in Ladder, perfectly performing the functions assigned to it. It was observed that while performing the tests in a short period of time the results were very interesting, the parts tested in SSCAVB had the same characteristics of the simulator Vostch.

Keywords: Programmable relay. Environmental simulator for armored glass. Tests for shielding systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vidro delaminado	12
Figura 2: Simulador Votsch	16
Figura 3: Imagem de teste vidro blindado	17
Figura 4: Relé Programável Logo Siemens.....	19
Figura 5: Modelo de Programação em Ladder	20
Figura 6: Modelo de Programação em blocos.....	20
Figura 7: Lâmpada UV 300 W	21
Figura 8: Lâmpada Infravermelho 250 W	22
Figura 9: Imagem SSCAVB.....	24
Figura 10: GRAFCET	26
Figura 11: Controlador N1200	27
Figura 12: Receita ciclo 1	29
Figura 13: Dados coletados ciclo1	30
Figura 14: Bolhas no vidro durante ciclo 1	31
Figura 15: Receita ciclo 2	32
Figura 16: Dados coletados ciclo2	33
Figura 17: bolhas no vidro durante o ciclo2.....	34
Figura 18: Tempo de aquecimento teste 3.....	35
Figura 19: Bolhas no vidro durante o ciclo 3	36
Figura 20: Coleta de dados ciclo 1	37
Figura 21: Coleta de dados ciclo 2	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de blindagem conforme Norma ABNT 15.000/2005	18
Tabela 2: Tabela de Força Teórica	23

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

BUT	<i>British Thermal Unit</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	Comando Numérico Computadorizado
CPU	Unidade Central de Processamento
IR	Infravermelho
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
Nm	Nanômetro
PC	Policarbonato
PVB	Polivinil Butiral
PU	Poliuretano
SSCAVB	<i>Sistema simulador de condições ambientais para vidros blindados</i>
UV	<i>Ultravioleta</i>
V	<i>Volt</i>
VDC	Tensão corrente contínua
W	<i>Watts</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA	11
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVA	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO SSCAVB	15
2.1	COMPARAÇÃO DO SIMULADOR VOTSCH E SSCAVB	15
2.2	VIDRO BLINDADO	17
2.3	CLP E RELÉ PROGRAMAVEL	18
2.4	LÂMPADAS ULTRAVIOLETAS E INFRAVERMELHAS	20
2.4.1	Lâmpada Ultravioleta 300 W	20
2.4.2	Lâmpada Infravermelho 250 W	21
2.5	ATUADORES PNEUMÁTICOS	22
3	DESENVOLVIMENTO DO SSCAVB	24
3.1	MATERIAIS UTILIZADOS	25
3.2	GRAFCET	26
3.3	CONTROLE DE TEMPERATURA	26
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SSCAVB	28
4.1	ANÁLISE DE TESTES NO SSVACB	28
4.1.1	Análise do Primeiro Teste no SSCAVB	28
4.1.2	Análise do Segundo Teste no SSCAVB	31
4.1.3	Análise do Terceiro teste no SSCAVB	34
4.2	ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO	36
4.2.1	Acompanhamento receita 1	36
4.2.2	Acompanhamento Receita 2	37
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Para produzir um jogo de vidros blindados é necessário investir um valor significativo em matéria prima, mão de obra, produto artesanal, energia elétrica para o processo de curvatura no aquecimento de fornos. Além de todos estes gastos existe o tempo de garantia do produto. Com isso a margem de lucro é cada vez menor e a melhor alternativa para amenizar estes problemas é produzir com qualidade e garantir a durabilidade do produto.

Para ter conhecimento da durabilidade do produto blindado, testes com simulador ambiental são realizados para estimar a vida útil do vidro. Diante desta necessidade, a proposta deste trabalho é desenvolver um simulador de condições ambientais e esforços físicos, com tecnologia 100% nacional e com algumas funções voltadas para realizar testes com vidros automotivos.

O SSCABV foi projetado conforme comportamento de um veículo em condições normais de uso, além da luminosidade que é o fator principal para realizar os testes. O sistema tem vibradores na parte inferior da mesa principal onde estão fixos os atuadores pneumáticos, que fazem com que o vidro a ser colocado no simulador ambiental além do desgaste pela radiação, sofrerá também atritos e esforços físicos realizados pelo vibrador e pelos atuadores pneumáticos. O controle das funções do SSCAVB é realizado por um relé programável interligado com controladores de temperatura.

1.1 PROBLEMA

O maior propósito da indústria do vidro blindado é salvar vidas, certamente não deverá existir nenhuma avaria no vidro blindado. Mas no decorrer do tempo o cliente se depara com a imagem ilustrada na Figura 1, vidros com bolhas ou com sinais de rupturas entre as lâminas. Essas bolhas e rupturas são sintomas de tempo de uso do vidro blindado em condições ambientais caracterizadas por alterações de temperaturas e por vibrações que atacam o produto.

Esses sinais também são indicativos de que o produto está se encaminhando para o final de vida útil e que a troca se faz necessária. Deste modo uma das

principais questões que o usuário faz é: quanto tempo dura um vidro blindado que estou adquirindo?

Encontrar uma resposta para essa pergunta é fundamental para a empresa prestadora deste serviço. Contudo não é possível obter uma resposta técnica para isso sem a realização de ensaios que comprovem essa durabilidade do produto.

A empresa tem um simulador ambiental, porém, a aquisição de um outro simulador diante das condições do mercado é praticamente inviável devido ao seu alto valor, por este motivo o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um simulador ambiental voltado para vidros automotivos blindados.



Figura 1: Vidro delaminado
Fonte: R8 blindados (2016)

1.2 OBJETIVOS

Deste modo o seguinte trabalho tem os seguintes objetivos:

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver automação do sistema simulador de condições ambientais para testes de blindagem de veículos. Visando monitorar o comportamento do material em situações submetidas após a instalação do produto no veículo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver sistema de iluminação e sistemas de controle de temperatura.
- Elaborar esquema elétrico do SSCAVB.
- Desenvolver programas de ciclos.
- Definir sistema mecânico e temperaturas de trabalho do SSCAVB.

1.3 JUSTIFICATIVA

Considerando que a empresa perde cerca de dois milhões de reais por ano com reposição de peças, o foco é baixar significativamente este valor. Deste modo realizar testes ambientais com o vidro blindado para ter conhecimento de sua durabilidade é de fundamental importância. Com a previsão de durabilidade é possível prever o tempo de troca das peças. Deste modo também é conveniente elaborar um gerenciamento refinado para controlar melhor os agendamentos e o estoque de peças de reposição.

Tudo isso culmina para uma gestão mais eficiente dos produtos, melhorando a qualidade do produto e do serviço da empresa.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte forma:

Capítulo 1 - Introdução: foram apresentados o tema, o problema, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a estrutura geral do trabalho.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica do SSCAVB: será abordada a teoria sobre: SSCAVB e Simulador Votsch, vidro blindado, CLP e relé programável, lâmpadas UV e IR, atuadores pneumáticos.

Capítulo 3 – Desenvolvimento do SSCAVB: serão abordados os processos de construção da SSCAVB, os diagramas elétricos, o programa do relé programável, a estrutura do SSCAVB, o controle de temperatura e o sistema de funcionamento dos atuadores pneumáticos.

Capítulo 4 – Apresentação e Análise dos Resultados: neste capítulo serão descritos os resultados obtidos e realizados na SSCAVB.

Capítulo 5 – Considerações finais: será verificado se os objetivos foram alcançados, através da implementação do que foi proposto no trabalho. Por fim, serão sugeridos trabalhos futuros que podem ser realizados para aprofundar o tema abordado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO SSCAVB

Para elaborar o projeto é necessário ter conhecimento sobre: o equipamento que existe no mercado Simulador da Votsch e o SSCABV 2.1, vidro blindado seção 2.2, relé programável seção 2.3, lâmpadas UV e IR seção 2.4 e atuadores pneumáticos seção 2.5. A seguir uma leve explanação sobre estes temas.

2.1 COMPARAÇÃO DO SIMULADOR VOTSCH E SSCAVB.

A Votsch é uma marca Alemã especializada em desenvolver simuladores que permitem avaliar somente variações de umidade e temperatura.

Os modelos *standart* tem características parecidas com uma geladeira, formado por uma série de grades, onde as peças a serem submetidas a testes são colocadas sobre estas grades. Porém, neste equipamento, as peças colocadas acima sofrem maior intensidade de luz UV. Uma vez que a lâmpada UV está localizada na parte superior do equipamento.

Além disso os equipamentos da Votsch não permitem simular condições que envolvam esforços físicos. Somente são impostas condições climáticas, como: alteração da temperatura, exposição a iluminação UV e controle de umidade. A temperatura de operação do simulador pode variar de acordo com o modelo, mas atinge uma faixa de -30° a 100°Celsius. Este equipamento também realiza o controle de umidade de 0 a 80%. A Figura 2 mostra imagem de um simulador da Votsch.



Figura 2: Simulador Vötsch
Autor: Vötsch (2016)

No entanto, para realizar testes em vidros de veículos, além da exposição aos fatores climáticos, também é necessário simular os esforços mecânicos que o vidro recebe da carroceria do veículo. Por isso surgiu a necessidade de desenvolver o SSCAVB.

Para o SSCAVB, buscou-se desenvolver um simulador ambiental mais adequado para simular as condições físicas e climáticas que os vidros automotivos são submetidos. O SSCAVB tem dois controles de temperatura, controle de esforços mecânicos e de vibração. Também está dividido em três partes iguais, podendo assim realizar três testes ao mesmo tempo.

O controle de temperatura no SSCAVB é realizado através da temperatura da face do vidro aquecida pelas lâmpadas, simulando a luz solar. Na outra face do vidro, simulando a parte interna do veículo, tem o controle da temperatura refrigerada com o sistema de ar condicionado. Este diferencial de temperatura é fundamental para analisar o comportamento do material, devido ao seu diferencial causado pelo coeficiente de dilatação.

As simulações dos esforços mecânicos são realizadas por cilindros pneumáticos, que tem a pressão de ar e o tempo de acionamento controlados. Os vibradores têm o papel de simular a vibração do carro em movimento. O sistema de

fixação dos vidros é que limita o seu uso para apenas um modelo de vidro (as peças de vidro sempre deverão ter as mesmas dimensões).

Deste modo, o SSCAVB permite simular três situações diferentes simultaneamente, o que não ocorre no simulador da Votsch. No SSCAVB a simulação é realizada uma peça para cada uma das três cabines e ainda pode-se garantir que todas as peças sofrem a mesma radiação, o que não é possível garantir no simulador da Votsch. No SSCAVB existe a possibilidade de testar três peças com a mesma composição de material, mas com condições diferentes, por outro lado no simulador da Votsch os três ciclos ocorrem um de cada vez.

2.2 VIDRO BLINDADO

O vidro blindado automotivo é composto por um laminado, contendo lâminas de vidro com uma ou mais camadas, entre elas o Polivinil Butiral (PVB) e uma última camada de Policarbonato (PC), no lado interno do veículo (BRANCO, 2004).

Esta sequência tem por objetivo, com a primeira lâmina de vidro achatando a ponta do projétil e eliminar o seu movimento de rotação, diminuindo a capacidade de penetração. As outras lâminas seguintes têm a finalidade de absorver a energia do projétil e diminuir a sua velocidade. Por último a lâmina de PC tem a função de impedir a furação do projétil e o lançamento de estilhaços de vidro no interior do veículo. A Figura 3 mostra um exemplo de teste para vidro blindado.



Figura 3: Imagem de teste vidro blindado

Fonte: Em tempo (2016)

A quantidade de lâminas e a espessura do vidro blindado dependem do nível de resistência balística de se pretende alcançar. O processo de blindagem do vidro varia conforme cada fabricante, porém, todo o processo passa por uma autoclave

onde a pressão e o aquecimento imposto nos materiais unem as camadas originando o vidro blindado. A Tabela 1 apresenta os níveis de blindagem segundo a Norma ABNT 15000/2005 – Nível de proteção do sistema de blindagem quanto ao impacto balístico.

Tabela 1: Níveis de blindagem conforme Norma ABNT 15.000/2005

Níveis de Blindagem	Armamento	Projéteis	Munição de Ensaio	Energia Cinética(J)	Massa do Projétil	Velocidade do Projétil (m/s)	Numero de impactos		
Uso Permissível	I			22 LRHV Chumbo	133	2,6	230 +/- 12	05	
				38 Especial RN Chumbo	342	10,2	269 +/- 15	05	
	II-A			9mm FMJ	441	8	332 +/- 12	05	
				357 Magnum JSP	740	10,2	381 +/- 15	05	
	II			9mm FMJ	513	8	358 +/- 12	05	
				357 Magnum JSP	921	10,2	425 +/- 15	05	
	III-A			9mm FMJ	726	8	428 +/- 15	05	
				44 Magnum SWC Chumbo	1411	15,55	428 +/- 15	05	
	Uso Restrito	III			M16/AR15 Colt 5,56x45mm FMJ	1798	3,6	980 +/- 15	05
					AK 47 7,62x39mm FMJ	1909	4,1	96 +/- 15	05
				FAL 7,62x51mm FMK	3408	9,7	838 +/- 15	05	

Fonte: Inovaglass (2016)

Conforme a Norma da ABNT, além dos níveis de blindagem, as peças blindadas devem suportar cinco impactos. Ou seja, cinco tiros, sendo os quatro primeiros tiros nas bordas da peça e o último no centro.

2.3 CLP E RELÉ PROGRAMAVEL

Automação industrial é aplicar novas técnicas e novos equipamentos para melhorar o desempenho produtivo de uma máquina ou uma linha de produção. O objetivo é maximizar a produção com o menor consumo de energia e matéria prima, melhorando a qualidade do produto e as condições de segurança das atividades do

operador. Os dispositivos aplicados podem ser computadores, CLPs (Controlador Lógico Programável), CNCs (Comando Numérico Computadorizado), micro controladores, entre outros (TESLA, 2016).

O CLP é um dispositivo digital que controla máquinas e processos. Utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas: energização/desenergização, temporização, contagem, sequenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados, (MORAES, 2013).

O CLP veio para substituir os circuitos de relés, em painéis elétricos. Com este equipamento é possível fazer alteração em uma máquina apenas com alteração de programa, sem a necessidade de alteração de *hardware*.

Porém, para pequenas e médias automações, ou, para automações mais simples, muitas vezes, devido ao seu valor comercial o CLP torna-se inviável. E uma das alternativas é a utilização dos Relés programáveis para executar esta função. Os relés programáveis podem ser utilizados para pequenas automações, pois tem uma velocidade de resposta mais lenta e suas operações aritméticas mais limitadas comparadas com um CLP. A Figura 4 mostra exemplo de um relé programável.



Figura 4: Relé Programável Logo Siemens

Fonte: Siemens (2016)

Os relés programáveis são ótimas opções para monitorar tarefas menos complexas, pois são fáceis de programar e tem uma alta confiabilidade e robustez. Também podem trabalhar com módulos de expansão, tanto digital quanto analógico, com uma central em mestre e outras interligadas como escravos. Assim como os CLPs, os relés programáveis comunicam com IHM (Interface homem máquina) através de módulos de comunicação, *ethernet*, *Modbus*, entre outros.

Para este trabalho foi escolhido o Relé Programável da Siemens ou Logo Siemens mais conhecido comercialmente. O mesmo conta com *display* de interface, com até vinte e quatro entradas e dezesseis saídas digitais, duas entradas e duas saídas analógicas e possui até duzentos blocos de memória interna. Pode ser programado em *Ladder* ou em blocos, como mostram as Figuras 5 e 6 respectivamente.

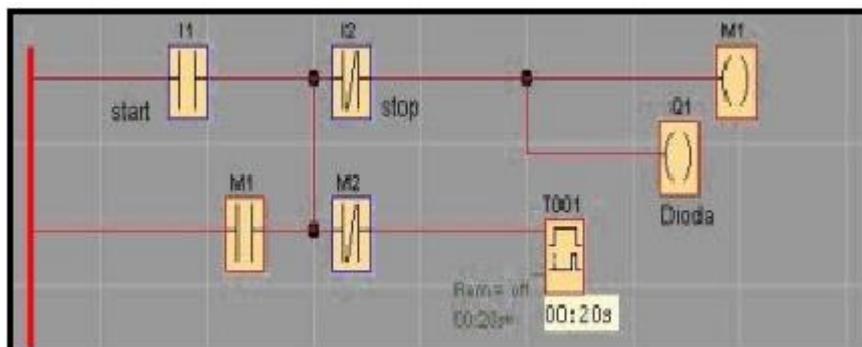


Figura 5: Modelo de Programação em *Ladder*
Fonte: Autoria própria.

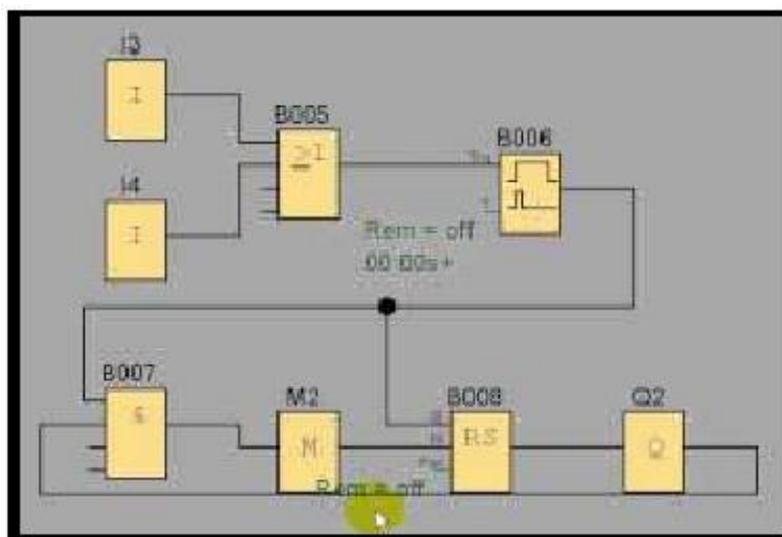


Figura 6: Modelo de Programação em blocos
Fonte: Autoria própria.

2.4 LÂMPADAS ULTRAVIOLETAS E INFRAVERMELHAS.

Para uma simulação artificial próxima à luz solar o investimento exigido é muito alto. Deste modo para o desenvolvimento do sistema de iluminação e aquecimento do SSCAVB foram utilizadas duas lâmpadas. Uma das lâmpadas é UV utilizada em simuladores comerciais a outra é uma lâmpada IR para auxiliar no aquecimento com o objetivo de atingir a temperatura desejada.

2.4.1 Lâmpada Ultravioleta 300 W.

A lâmpada UV 300W é utilizada para simulação da luz solar, secagem de cola, envelhecimento artificial de materiais, terrários e solários equinos. Emitem ondas UVA de comprimento entre 315... 400 nm 13,6 W, e ondas UVB de comprimento entre 280...300 nm 3,0 W. Vida útil de aproximadamente 1.000 h. (OSRAM,2015)

Para medidas de segurança, como as lâmpadas geram calor intenso, as mesmas devem ser utilizadas em luminárias adequadas e ainda devem ser

protegidas contra humidade e respingos de água. Não se recomenda exposição excessiva sob a luz, sem proteção, pois as lâmpadas podem causar queimaduras solares e conjuntivite. A Figura 7 mostra a lâmpada UV de 300w utilizada no SSCAVB.



Figura 7: Lâmpada UV 300 W
Fonte: Osram (2015)

2.4.2 Lâmpada Infravermelho 250 W

A lâmpada IR de 2500W é utilizada para tratamento de beleza cosmética, cuidados com o corpo, bem-estar, áreas de relaxamento saunas e piscinas. O comprimento de onda da radiação está entre 1... 100 nm. Com ângulo de abertura do feixe de luz de 30° e vida útil de aproximadamente 5.000 h.

Quando esta lâmpada é instalada adequadamente (a partir de uma distância de 50cm) não oferece nenhum risco devido á aquecimento. A Figura 8 mostra a lâmpada IR de 250W utilizada no SSCAVB.



Figura 8: Lâmpada Infravermelho 250 W
Fonte: Osram (2015)

A lâmpada IR foi escolhida para fazer parte do SSCABV com a função de substituir as resistências utilizadas nos simuladores comerciais, devido ao seu alto desempenho de aquecimento, este modelo de lâmpada está sendo utilizada na indústria para secagem de pinturas, em granjas de criação de aves, estufas e aquecimento de alimentos.

2.5 ATUADORES PNEUMÁTICOS.

Um circuito pneumático é formado pelos seguintes sistemas: geradores, compressores, linhas de transmissão, válvulas de controle e os atuadores pneumáticos ou conversores de energia.

Os atuadores pneumáticos são divididos em três grupos:

- Os que produzem movimentos lineares.
- Os que produzem movimentos rotativos.
- Os que produzem movimentos oscilantes.

Os atuadores de movimentos lineares utilizados neste trabalho, são componentes que convertem a energia pneumática em movimentos lineares ou angulares.

A Tabela 2 mostra as medidas comerciais e as conversões de força teórica para os cilindros pneumáticos.

Tabela 2: Tabela de Força Teórica

Theoretical Output													
Bore size (mm)	Rod diameter (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)									
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804	
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691	
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257	
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056	
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963	
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649	
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117	
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803	
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027	
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536	
100	25	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854	
		IN	7363	1473	2209	2945	3682	4418	5154	5890	6627	7363	
125	32	OUT	12272	2454	3682	4909	6136	7363	8590	9817	11045	12272	
		IN	11468	2294	3440	4587	5734	6881	8027	9174	10321	11468	

(N)

Note) Theoretical out put (N) = Pressure (MPa) x Piston area (mm²)

Fonte: SMC (2016)

3 DESENVOLVIMENTO DO SSCAVB

Este capítulo apresenta os métodos utilizados para desenvolver a SSCAVB. Para desenvolver as dimensões das cabines, foram realizados vários testes de acordo com a capacidade de aquecimento das lâmpadas. A proposta do projeto é obter na face do vidro a temperatura máxima indicada pelo fabricante dos materiais que compõem o vidro blindado, que é próximo de 110°C.

Os testes foram feitos com placas de cerâmicas alterando as medidas de profundidade, altura e largura da cabine até que, com as lâmpadas acesas em tempo integral não ultrapassem 110°C na face do vidro. Sendo assim, ao programar um ciclo com esta temperatura se pode calcular o tempo total de exposição da peça a radiação das lâmpadas. Uma vez que isso corresponde à radiação de dias normais comparados a diversos pontos do planeta que onde esses podem ser encontrados.

Para comparar o comportamento do vidro testado no SSCAVB com os vidros do carro, foram também utilizados vibradores de 200 W, que simulam as vibrações do produto quando o veículo está em movimento. Partindo desta mesma ideia, cada cabine conta com um sistema pneumático com pressão controlada que tem a função de simular o esforço que o vidro sofre quando o carro está em movimento.

A SSCAVB foi projetada com três cabines iguais, onde cada uma delas trabalha com programação independente. Deste modo podem ser realizados testes com materiais diferentes ou fazer simulações diferentes com o mesmo lote de material. A Figura 9 mostra uma Figura ilustrativa destas três cabines.

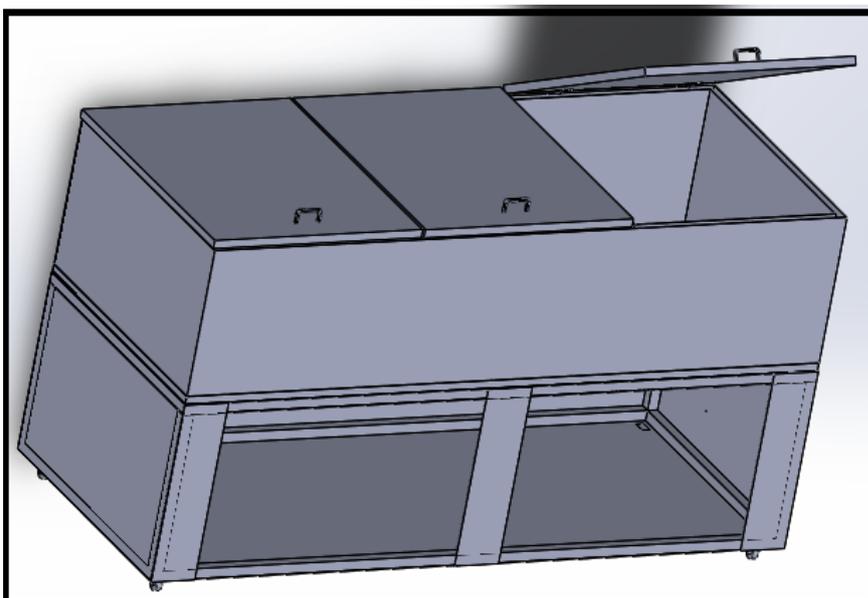


Figura 9: Imagem SSCAVB

Fonte: Aatoria própria

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.

Os critérios para a escolha das lâmpadas foram o nível de radiação (UVB e UVA), custo, dimensões e potência. A melhor opção seria utilizar lâmpadas de Xenônio, porém, devido ao seu alto valor comercial a aquisição desta lâmpada torna o projeto financeiramente inviável. Por este motivo, uma das opções foi trabalhar com as lâmpadas de Ultravioleta modelo Ultra vitalux 300 W 220 V OSRAN e as lâmpadas de secagem Infravermelho 250 W 220 V Philips.

A lâmpada UV utilizada no projeto é a mesma lâmpada utilizada nos simuladores comerciais da marca alemão Votsch. Porém, os simuladores ambientais da Votsch também contam com um banco de resistências para auxiliar no aquecimento. Por este motivo no SSCAVB foram substituídos os bancos de resistências pela lâmpada IR. Como as lâmpadas IR são utilizadas para secagem de tintas e vernizes, elas têm um alto poder de aquecimento, fazendo com que a SSCAVB alcance os resultados esperados.

Além das lâmpadas, para a construção do equipamento foram utilizados os seguintes materiais:

- Cantoneiras de ferro
- Chapas de ferro 3 mm
- Placas de fibras cerâmicas
- Rodízios móveis e fixos
- Relé Programável Logo Siemens
- Relé de segurança
- Relé de estado sólido Omron
- Disjuntores Siemens
- Botões de pulso Metaltex
- Botões de emergência Metaltex
- Fechaduras de segurança Omron
- Válvulas solenoides SMC
- Cilindros pneumáticos SMC
- Válvula reguladora de precisão SMC
- Mangueira PU 6 mm
- Moto vibrador.
- Relé de interface Finder
- Lâmpadas de sinalização 24 V Metaltex
- Fonte 24 VDC Murr
- Controladores N1200 NOVUS
- Termo resistência PT100.
- Ar condicionado janelheiro 12000 Btus quente frio.

3.2 GRAFCET

Para esclarecer melhor a forma que a SSCAVB irá trabalhar, foi realizado um GRAFCET do sistema de comando. As formas de trabalho das três cabines são iguais, sendo somente alterados os tempos de ciclos nos blocos de *timer* na interface do relé programável.

Primeiramente os botões de emergência devem estar negados, acionando o botão (BT1) aciona os *timers*. Logo o vibrador trabalha conforme o tempo definido e as lâmpadas acendem com o acionamento do controlador de temperatura juntamente com a porta fechada, para as cabines 2 e 3 segue a mesma lógica de programação. A Figura 10 apresenta este GRAFCET.

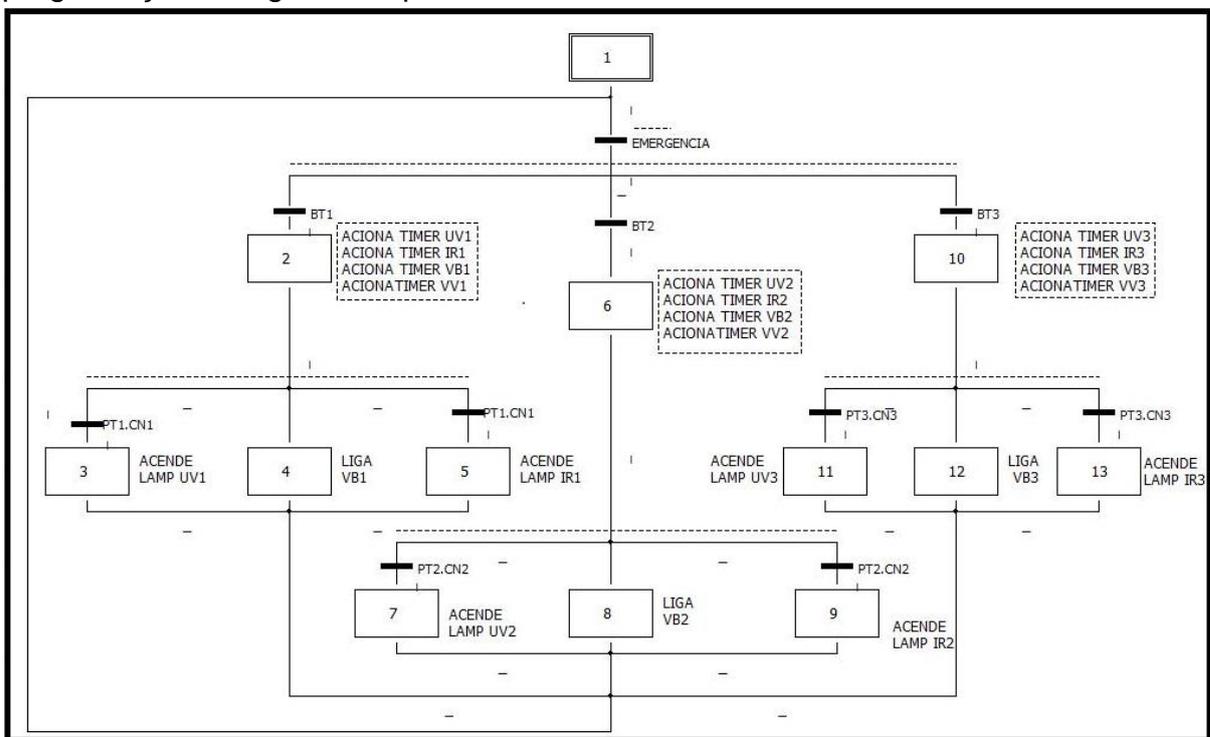


Figura 10: GRAFCET
Fonte: Autoria própria

3.3 CONTROLE DE TEMPERATURA

Para acompanhamento e monitoramento da temperatura das cabines da SSCAVB, foram utilizadas termoresistências PT100 e controladores N1200 da novus. A termoresistência funciona baseada na variação da resistência ôhmica em função da temperatura, não necessita de cabo de compensação para a ligação, sendo apenas conectadas com cabos de cobre comum. Também não tem limites para distâncias de instalação, quanto maior for à distância compensa-se aumentando o número de cabos.

Os controladores N1200 da Novus trabalham com os termopares tipo: K, J, T, N, R, S, E, B e a termorresistência PT100, também com entradas de 0 a 20 mA, 4 a 20 mA, 0 a 50 mV, 0 a 5 Vdc e 0 a 10 Vdc. Este modelo de controlador vem com uma entrada USB, para realizar a sua programação através do *software* Logo Soft ou também pode ser realizado nos botões de interface. Trabalha com comunicação serial, protocolo MODBUS RTU, controle PID. A Figura 11 mostra o controlador N1200.



Figura 11: Controlador N1200
Fonte: Novus (2016)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DO SSCAVB

Durante o desenvolvimento do projeto, buscou-se utilizar recursos de boa qualidade e de custo acessível. Isso foi pensado para tornar a parte operacional simples, tentando alinhar facilidade e baixo custo de fabricação e também praticidade na operação.

Os testes podem ser programados utilizando apenas a interface do relé programável, permitindo parametrizar os tempos de operação de cada componente do equipamento, bem como o controle de temperatura.

Outra forma de realizar o controle de ciclo foi por meio do controlador de temperatura, configurando receitas pré-programadas no controlador. Tais receitas consistem em alterar a temperatura de forma abrupta em paralelo com outros atuadores.

4.1 ANÁLISE DE TESTES NO SSVACB

Para a análise de resultados foram realizados dois ciclos de receitas.

4.1.1 Análise do Primeiro Teste no SSCAVB

No primeiro teste da SSCAVB, as temperaturas variam de 32°C a 80°C. O ciclo inicia em 32°C a temperatura permanece em fixa por duas horas e atinge 80°C após um rampeamento de duas horas (aumento de temperatura constante). Após atingir 80°C mantém constante essa temperatura por mais oito horas, sendo que após esse período ocorre um decaimento até 32°C em um período de duas horas. Esse ciclo se repete por 1 mês. A Figura 12 apresenta a receita ciclo1.



Figura 12: Receita ciclo 1

Fonte: Autoria própria

Os tempos programados para o vibrador e os atuadores pneumáticos são de cinco horas ligados e duas horas desligados. Os atuadores pneumáticos foram ajustados para trabalhar com 6 bar de pressão. Conforme a Tabela 2, a força teórica exercida sobre o vidro é de 482 N. O vibrador trabalhando com potência total.

As coletas de dados foram realizadas manualmente uma vez por dia, no período de 08 de abril de 2016 até 08 de maio de 2016, totalizando trinta dias de coleta, sendo coletadas as temperaturas de aquecimento e as temperaturas da parte refrigerada pelo ar condicionado. Foi realizado também uma inspeção visual no vidro em teste, buscando encontrar trincas, bolhas ou sinais de delaminação. A Figura 13 mostra os dados gerados neste teste.

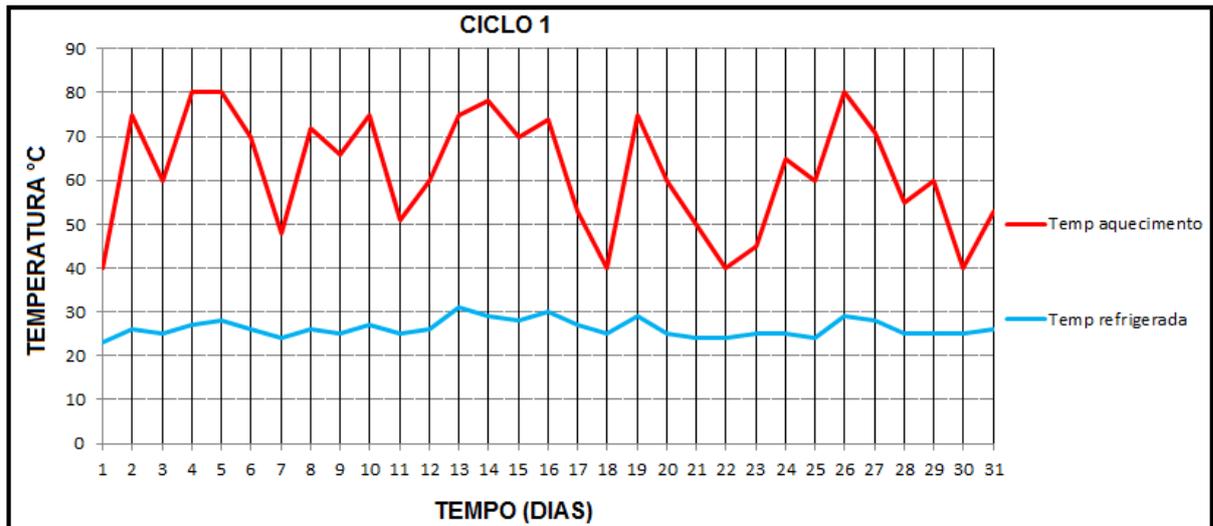


Figura 13: Dados coletados ciclo1

Fonte: Autoria própria

A linha vermelha representa a área aquecida pelas lâmpadas, onde a temperatura varia de 32°C a 80 °C. A linha azul representa a parte refrigerada coletando dados da temperatura ambiente.

O vidro em teste foi analisado todos os dias no mesmo horário. Sendo que o mesmo não apresentou nenhum resultado até o décimo dia de ciclo, no entanto, após este período apresentou algumas bolhas na área onde se concentra a luminosidade da lâmpada IR, provocado pelo poder de aquecimento da lâmpada. Tal bolha aumentou de tamanho até o décimo quinto dia, nos outros dias decorrentes não houve alteração de comportamento. No total foram três bolhas maiores e mais quatro pequenas geradas neste ciclo. A Figura 14 apresenta a peça de vidro utilizada no ciclo 1 com as respectivas bolhas. As bolhas estão circuladas em vermelho.

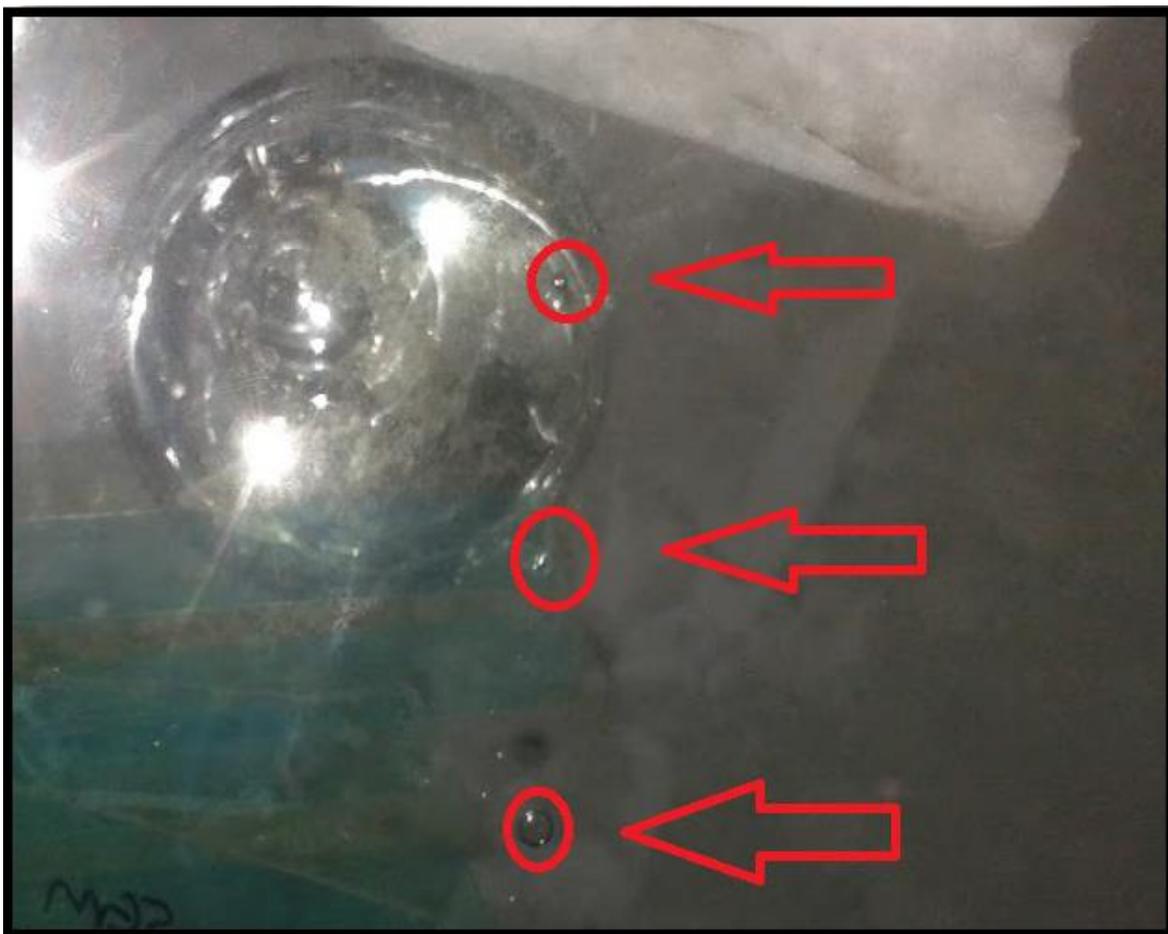


Figura 14: Bolhas no vidro durante ciclo 1

Fonte: A autoria própria

O comportamento do material pode ser considerado satisfatório, devido ao tempo que ficou em exposição e a temperatura de trabalho. O surgimento destas bolhas é um sinal de um bom desempenho do SSCAVB, pois estas bolhas surgem quando o vidro é submetido a altas temperaturas, devido à resistência térmica da matéria prima composta pelo vibro blindado, por exemplo, o PVB, que suporta temperatura máxima de 110°C.

4.1.2 Análise do Segundo Teste no SSCAVB

Para o segundo teste na SSCAVB, foi alterado a temperatura máxima para 110°C, seguindo a mesma forma da primeira receita, iniciando o ciclo em 32°C, refazendo este ciclo durante um mês. O tempo programado para as lâmpadas é de 100% ligadas no relé programável, ligando e desligando as lâmpadas apenas pela receita no controlador de temperatura. A Figura 15 apresenta o gráfico da receita de ciclo 2.

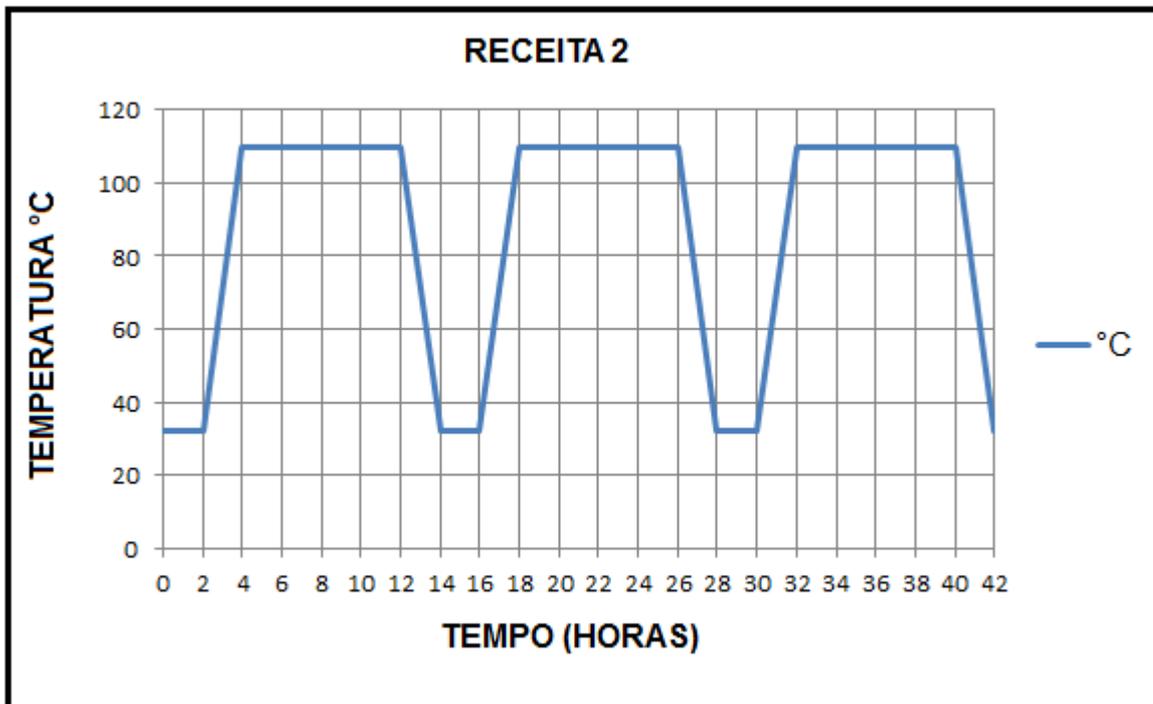


Figura 15: Receita ciclo 2

Fonte: Autoria própria

Para este segundo momento somente os tempos dos atuadores pneumáticos e do vibrador foram alterados. Ou seja, faz-se um ciclo de 5 horas ligado e 1 hora desligado, aumentando assim, os esforços em vibrações sobre o vidro em teste. A pressão de trabalho continuou a mesma e a potência do vibrador também.

As coletas de dados foram realizadas manualmente, uma vez ao dia sempre às quinze horas, iniciando no dia 08 de junho e finalizando no dia 08 de julho, totalizando trinta e um dias de coleta. Foram coletadas as temperaturas de aquecimento e as temperaturas refrigeradas. Foi também realizada a inspeção visual no vidro em teste semelhante ao que foi feito anteriormente para o surgimento de trincas, bolhas ou delaminação do vidro. A Figura 16 representando o gráfico gerado pelas temperaturas coletadas.

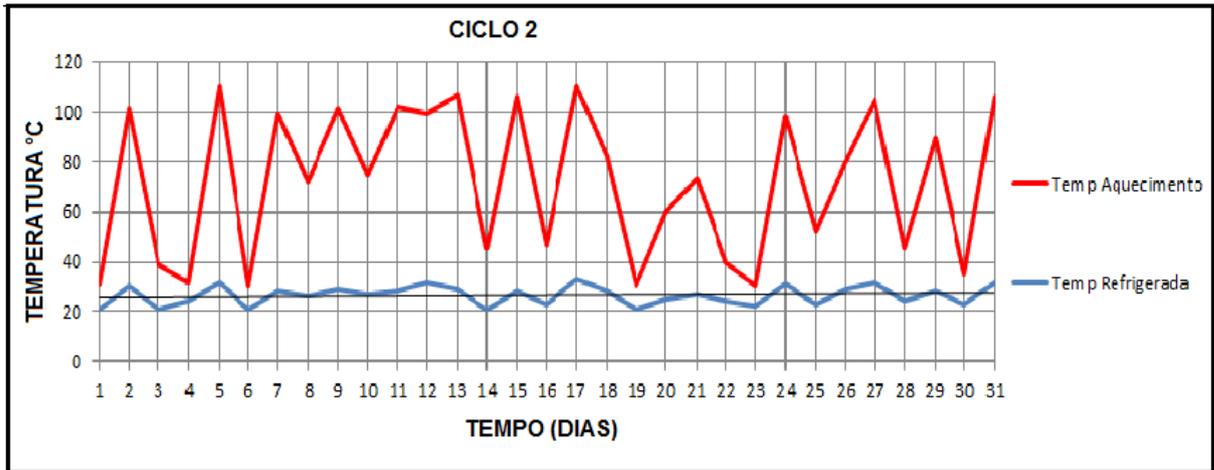


Figura 16: Dados coletados ciclo2

Fonte: Autoria própria

O vidro blindado apresentou bolhas já no terceiro dia, uma consequência da exposição à temperatura mais elevada. A quantidade e o tamanho das bolhas foram aumentando até o décimo segundo dia, após este período o vidro em teste não demonstrou mais nenhuma alteração.

Mesmo com o aumento da temperatura as bolhas se formaram ao redor da área que tem maior luminosidade IR, e nenhuma formação de bolha ocorreu na área de luminosidade UV. A concentração de bolhas nesta região demonstra a capacidade de aquecimento que tem a lâmpada IR. Esta lâmpada tem um ângulo de abertura de feixe de luz de 30°, deste modo a área onde surgiu as bolhas aquecem mais se comparados a outros pontos. A Figura 17 é uma foto do resultado dos testes do ciclo 2, registrada no quinto dia de coleta de dados.



Figura 17: bolhas no vidro durante o ciclo2

Fonte: Aatoria própria

Como pode ser observado houve um aumento no tamanho e na quantidade de bolhas até o décimo quinto dia. Pelo pequeno período de tempo de exposição não foram observados outros sinais de deformação.

4.1.3 Análise do Terceiro teste no SSCAVB

O terceiro teste foi realizado para certificar da capacidade de aquecimento do SSCAVB, somente a temperatura do ciclo foi alterada para 130°C. O tempo de aquecimento, onde as lâmpadas são ligadas, passou a ser controlado pelo relé programável. Sendo assim, em um período de 24 horas, as lâmpadas estiveram 20 horas ligadas e 4 horas desligadas, conforme mostra a Figura 18.

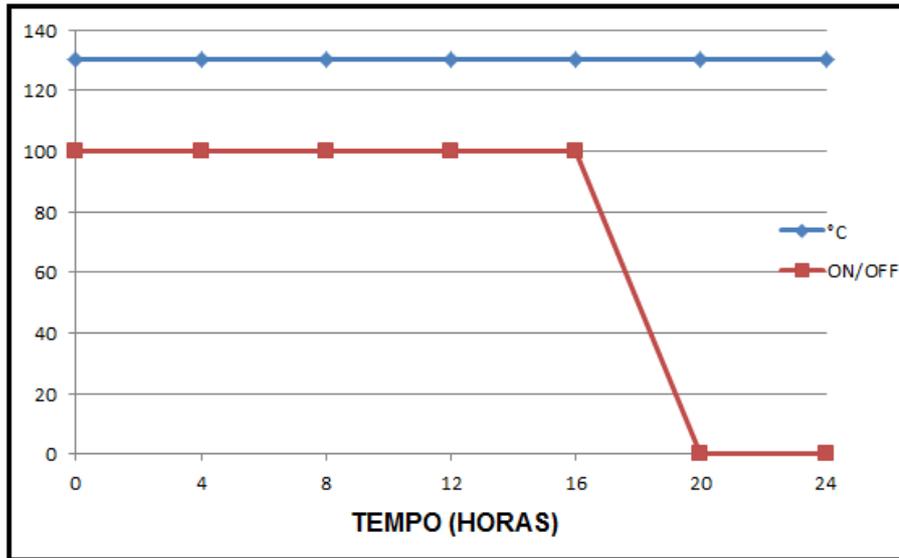


Figura 18: Tempo de aquecimento teste 3
Fonte: Autoria própria

A linha azul se refere à temperatura sempre em 130°C, a linha vermelha representa o tempo em que a lâmpada ficou ligada e desligada. As temperaturas coletadas sempre foram as mesmas, devido ao horário de coleta ser o mesmo todos os dias, sendo, 120°C na área aquecida e 48°C na área refrigerada. A coleta de dados foi realizada manualmente todos os dias.

Os resultados obtidos no segundo ciclo de testes foram novamente confirmados no terceiro ciclo de testes. A semelhança dos dois testes demonstra o poder de aquecimento da lâmpada IR e novamente a capacidade de aquecimento que se concentra dentro de seu ângulo de abertura do feixe de luz, que é de 30°.

A Figura 19 mostra o resultado visual deste teste, a quantidade e o tamanho das bolhas nesta área deixam claro que a resistência do material blindado é de no máximo 110°C. isso confere com o que definem as especificações do fornecedor da matéria-prima.

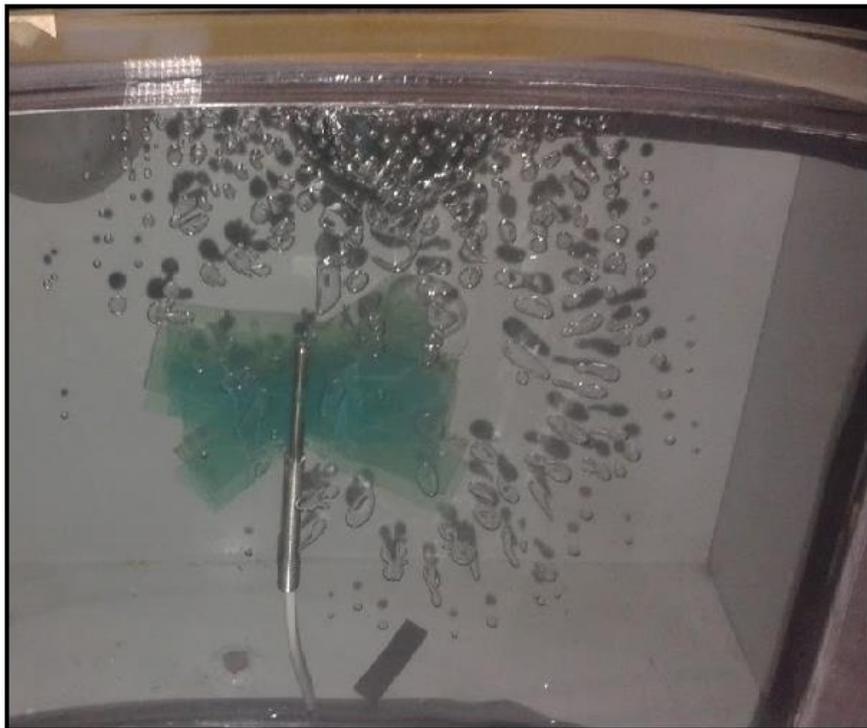


Figura 19: Bolhas no vidro durante o ciclo 3

Fonte: Autoria própria

Não houve nenhuma outra deformação no vidro além das bolhas. Como também foi observado nos outros ciclos, o processo de envelhecimento do vidro pela radiação UV, não apresentou resultado por consequência do período de teste ser muito curto, não ocasionando sinais de delaminação no vidro blindado.

4.2 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO

Os controladores de temperatura foram conectados à um sistema de supervisão. O objetivo foi gerar relatórios e com isso avaliar a resposta de aquecimento e resfriamento das lâmpadas.

O sistema de supervisão foi desenvolvido depois da realização dos testes. Contudo, as receitas ou os ranges de temperaturas foram os mesmos, somente para verificar qual é o comportamento do sistema de aquecimento e de refrigeração.

4.2.1 Acompanhamento receita 1

Na receita 1 o range de temperatura foi de 32 até 80°C, a coleta de dados pelo sistema de supervisão foi realizada por um período de 24 horas. Não houve nenhuma interferência no sistema durante o período de coleta de dados. A Figura 20 mostra a coleta de dados do ciclo 1.

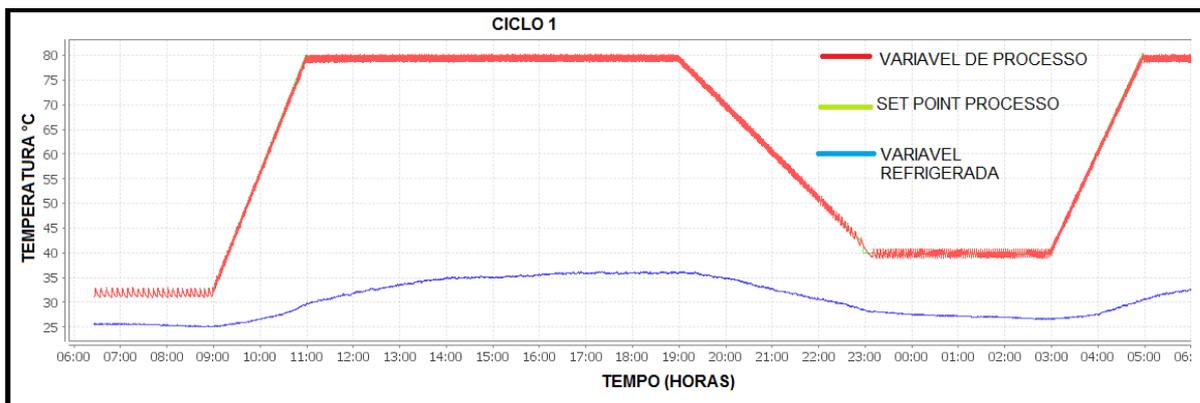


Figura 20: Coleta de dados ciclo 1.

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que a variável de processo acompanhou normalmente e *set point*, sendo que a linha do *set point* poucas vezes aparece, pois está sobreposta pela linha que denota do processo (cor vermelha).

A temperatura da área refrigerada apresentou uma variação dentro do esperado. Conforme a temperatura de aquecimento aumentou significativamente houve um pequeno aumento na área refrigerada. Isso ocorre por consequência do coletor de temperatura PT100 estar absorvendo a radiação da lâmpada, pois o vidro é transparente.

4.2.2 Acompanhamento Receita 2

Para o ciclo 2 o range de temperatura foi de 32 até 110°C. Durante o período de coleta realizado pelo sistema de supervisão, foram inseridas uma série de interrupções no processo para avaliar o nível de resposta do sistema de aquecimento. Também ocorreu a abertura da porta de inspeção durante o ciclo. A formulação das receitas também foi alterada, deste modo o controle manteve as mesmas ligadas por 20 horas e desligadas por 4 horas. A Figura 21 apresenta gráfico gerado durante a coleta de dados com as principais ocorrências do respectivo ciclo.

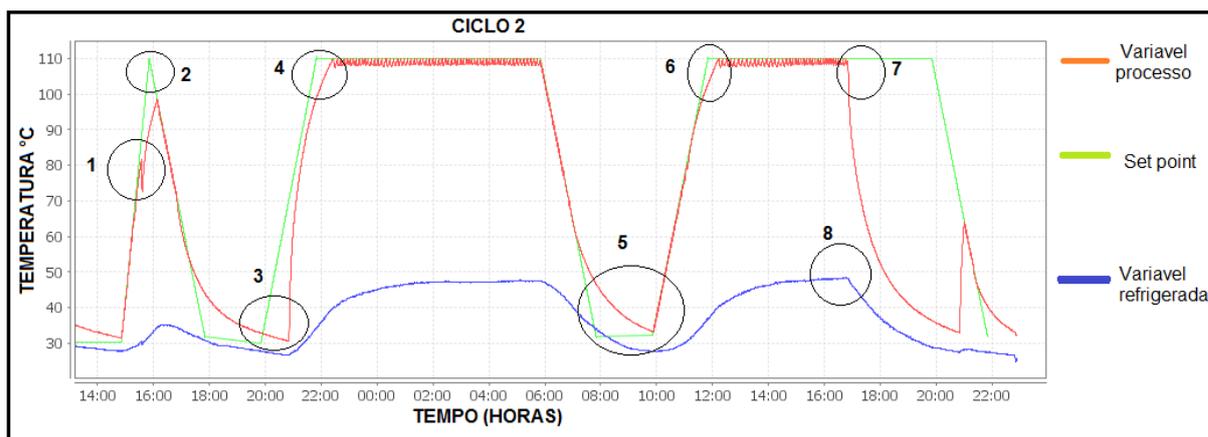


Figura 21: Coleta de dados ciclo 2

Fonte: Autoria própria

Pela ilustração gráfica da Figura 21, pode-se observar que as respostas de aquecimento e resfriamento são satisfatórias. Pois não existe sistema de exaustão de calor ou refrigeração forçada para auxiliar no resfriamento do vidro. Contudo, algumas divergências podem ser observadas

O círculo 1 apresenta uma queda na temperatura da variável de processo ocorrida devido a abertura da porta de inspeção. Toda a vez que a porta é aberta as lâmpadas apagam e também ocorre o diferencial de temperatura ambiente com a temperatura da câmara.

No círculo 2 houve uma alteração de receita e ao mesmo tempo reinicialização da mesma, fazendo com que o *set point* volte aos 32°C e seguindo a receita normalmente.

Nos círculos 3 e 7 ocorreram desligamentos das lâmpadas pelo controle de tempo. Neste caso pode-se observar quando as lâmpadas desligam a temperatura de processo cai, mas o *set point* segue normal a receita, e a variável de processo acompanha o *set point* somente depois das quatro horas desligadas.

Os círculos 4 e 6 apresentam um pequeno atraso da variável de processo para atingir a temperatura final. Contudo, o tempo não ultrapassa 10 minutos para atingir a temperatura final, tornando esta divergência insignificante para o processo.

O círculo 5 aponta o resfriamento do vidro, onde somente após 55°C é que ocorre um atraso gerando uma diferença do *set point* para a variável de processo. Um dos fatores que geram este atraso é a falta de resfriamento forçado na área de aquecimento, somando ao fato de que o aquecimento das paredes da câmara torna o ambiente aquecido por mais tempo ocorrendo o atraso no resfriamento.

O círculo 8 apresenta a variável de processo da área refrigerada. Nota-se que a temperatura se encontra muitas vezes um pouco alta. Isso ocorre porque o coletor de temperatura PT100 está em contato com a radiação das lâmpadas. Durante os testes o PT100 ficou fora do alcance da radiação e conseqüentemente a temperatura registrada foi mais baixa. Ainda, considera-se o aquecimento das paredes da câmara que também alterou o resultado de resfriamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi desenvolvido um simulador de condições ambientais para testes em vidros com blindagem o SSCAVB. Alguns itens que não aparecem em simuladores comerciais aqui foram contemplados, por exemplo, os atuadores pneumáticos. Foi possível perceber que existe uma grande quantidade de variáveis influenciando no desenvolvimento deste sistema. Por exemplo, uma destas é a umidade relativa do ar, que ocorre quando o vidro é submetido a baixíssimas temperaturas.

A programação através do Logo provou ser muito eficiente e prática. Pois é necessário apenas a parametrização dos tempos de execução na interface do logo não sendo preciso alterar as linhas de programação e sim os tempos de execução de cada componente a ser monitorado. Outra característica é que ao regular a pressão de trabalho no regulador de precisão, pode-se avaliar o esforço aplicado no vidro blindado em testes, o mesmo esforço que é aplicado pela carroceria quando o vidro é instalado no carro.

Conforme o fabricante Vostch no ciclo de envelhecimento nos equipamentos por eles desenvolvidos cada dez dias no simulador, correspondem a seis meses de uso em tempo real. O vidro blindado apresentado pela empresa tem garantia de cinco anos, sendo assim deverá ficar em teste por cem dias, que equivale aos cinco anos mencionados.

Comparando a SSCAVB com a Vostch, nos vidros colocados para testes ambientais semelhantes, a bolha formada na Vostch praticamente tem as mesmas dimensões da SSCAVB, pois os ciclos no simulador da Vostch são de dez em dez dias e as peças são retiradas a cada dez dias para avaliação. Os sinais de abertura entre as lâminas de vidro acontecem geralmente no final de ciclo do simulador da Vostch, e espera-se que deverá ocorrer também na SSCABV.

O resultado dos testes foi satisfatório, obtendo os mesmos resultados obtidos no simulador da Vostch, com o mesmo período de tempo. Com relação à temperatura, apenas no final do ciclo quando se atinge 110°C ocorre um atraso em média de 15 minutos, que se torna desprezível. O surgimento das bolhas já era esperado, porém, não se esperava uma grande concentração na área de foco da lâmpada IR. Isto ocorreu devido às características da lâmpada que tem a abertura do foco em 30° concentrando a maior fonte de calor na região onde surgiu as bolhas.

Para futuros trabalhos seria interessante realizar um controle de umidade relativa do ambiente com variação do percentual de umidade. Além disso, também seria interessante, um levantamento dos níveis de radiação causado pelas lâmpadas para comparar com os níveis de radiação solar.

REFERÊNCIAS

BRANCO,G.C.P; BASILE, E.G; MORRONE,R.G; VAINA,H.F; DIVINO.G e YOSHIMURA,H.N. **Análise de dano por impacto de projétil calibre 7,62 mm (308 winchester) em vidros blindados para veículos de transporte de valores.** 2004, 12 f. Artigo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Disponível em < <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2004/artigos/48cbc-13-09.pdf> >acesso em 10 de jun.2016

EM TEMPO. **Site de notícias.** Disponível em< <http://www.emtempo.com.br/teste-de-vidro-blindado-tiros-de-fuzil-ak-47/> >acesso em 05 de jun.2016

GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**, 3 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall,2011.

INOVAGLASS. **Norma – ABNT NBR 15000/2005.** Disponível em< <http://www.inovaglass.com.br/certificados/Tabela-balistica> >Acesso em 05 jun.2016

MORAES, Cícero Couto de. **Engenharia de automação industrial.** 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

NOVUS, **Manual N1200.** Disponível em< http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaID=946383&SubsecaID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=907280 > Acesso em: 15 jun.2016

OSRAM. **Catalogo lâmpada Infravermelha.** Disponível em< http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/lampadas/lampadasespeciais/lampadas-com-infravermelho/siccatherm/index.jsp > Acesso em: 10 nov.2015

OSRAM. **Catalogo lâmpada ultravitalux.** Disponível em< http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/lampadas/lampadas-especiais/lampadas-ultravioletas/ultra-vitalux/index.jsp >Acesso em: 10 nov.2015

R8 blindados. Disponível em< <http://r8blindados.com.br/novo/servicos/manutencao-blindagens/> > Acesso em: 15 mai. 2016.

SARON, C; FELISBERTI, M. I e SANCHES, E. M. S. **Construção de um Simulador Ambiental para Envelhecimento Acelerado de Polímeros.** 2000, 9 f. Artigo Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Disponível em < <http://www.gppol.iqm.unicamp.br/Congressos/14CBECIMAT/TC404-014.pdf>> Acesso em: 11 mai.2016

Novus: **Logo! O Líder para Módulos Lógicos para Micro automação.** Disponível em < <http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/logo-ml/pages/default.aspx> > Acesso em: 06 jun.2016.

SMC. **Catalogo atuadores pneumáticos.** Disponível em < <http://www.smcbr.com.br/produtos/> > Acesso em: 10 jun. 2016

TESLA, **Automação industrial.** Disponível em < <http://www.teslasistemas.com.br/automacao/areas-de-atuacao/automacao-industrial> > Acesso em: 27 mai.2016

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA Federal do Paraná. **Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos/** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. - Curitiba: UTFPR, 2008.

VOTSCH, **Simulador Votsch.** Disponível em < http://www.v-it.com/en/products/temperature_and_climate_test_chambers/schunk01.c.59549.en?_pid=51895 > Acesso em: 27 out. 2016