

**FACCAT**

FACULDADES INTEGRADAS DE TAQUARA

**PÓLO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO VALE DO  
PARANHANA/ENCOSTA DA SERRA**

**Relatório Final**

**Projeto de Pesquisa:**

**Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização  
da Qualidade do Produto Calçadista do  
Vale do Paranhana/Encosta da Serra**

**Maio de 2011**

## **Relatório Final**

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

O Projeto teve por objetivo o estudo dos resultados de impactos no bico de calçados, ação que resulta em grande número reclamações por parte de usuários e devoluções de calçados esportivos aos fabricantes destes produtos.

O estudo e o trabalho foi focado em calçados esportivos, especialmente os de uso dos consumidores da faixa etária correspondente à juventude, que nas atividades esportivas e no uso casual chutam sistemática ou acidentalmente vários tipos de objetos, desde bolas até peças de madeira ou pedras.

Esta ação pelo uso forçado pelos esportes ou muitas vezes inadequado pela imaturidade do usuário provoca o rompimento prematuro do calçado, o que ocasionam as mencionadas devoluções, com significativos prejuízos aos usuários e aos fabricantes, no caso das devoluções e reclamações.

O tema foi escolhido em discussões dos pesquisadores da FACCAT com profissionais e técnicos de fábricas de calçados esportivos, especialmente das empresas que depois participaram com o fornecimento de modelos de calçados esportivos para os estudos e ensaios, Azaléia, Bibi de Parobé e Marisol de Novo Hamburgo.

O projeto tem início na aquisição de material permanente e consumo. Nesta etapa foi instalado o laboratório físico, junto ao Laboratório de Inovação e Otimização de Produtos e Projetos, do curso de Eng. de Produção das Faculdades Integradas de Taquara – FACCAT. Este laboratório também sedia outras pesquisas, em um ambiente de trabalho comum com espaços físicos reservados a cada projeto. Como ponto de partida do projeto elaborado um site do projeto que pode ser visto na Figura 1

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---



**Curso: Sistema Mecano-Ergonômico - Mozilla Firefox**

Arquivo Editar Exibir Histórico Favoritos Ferramentas Ajuda

http://pcolvp.faccat.br/moodle/course/view.php?id=78&edit=off&sesskey=nr1faBwTLo

**Administração**

- Ativar edição
- Configurações
- Designar funções
- Notas
- Grupos
- Backup
- Restaurar
- Importar
- Reconfigurar
- Relatórios
- Perguntas
- Arquivos
- Cancelar a minha inscrição no curso SME
- Perfil

**Meus cursos**

- Sistema Mecano-Ergonômico
- Todos os projetos ...

**Programação**

**Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização da Qualidade do Produto Calçadista do Vale do Paranhana/Encosta da Serra**

Fórum dos Pesquisadores e Usuários

- 1 Documentação da Pesquisa**
  - Projeto
  - Síntese do Projeto - SCT RS
- 2 Difusão Tecnológica / Publicações**
- 3 Difusão Tecnológica / Palestras**
  - Palestra realizada em 29/03/2008
- 4 Difusão Tecnológica / Cursos**
- 5 Infra-estrutura para Pesquisa EM CONSTRUÇÃO**
  - 1. Equipamento Piloto:**

Montagem de Equipamento Piloto para o desenvolvimento do Protótipo da Máquina de Ensaios de Impactos em Calçados.

O Equipamento Piloto foi montado de maneira a permitir testes com cargas de impacto de valores variáveis. As cargas são presas ao dispositivo através de 4 parafusos, permitindo impactos de x, y ou z Newtons.

O calçado a ser testado é fixado sobre um suporte de forma regulado por dois parafusos, de tal maneira que o impacto da carga fique na altura adequada no bico do solado, imitando o chutar de uma pedra ou obstáculo. A carga de impacto é suportada na forma de um pêndulo erguido manualmente até a posição horizontal, sendo o braço deste pêndulo de 0,8 m.

Foram cedidas amostras de calçados esportivos, por parte da Empresa X, iniciando assim os testes preliminares que possibilitarão avaliar e prever a força ideal para a avaliação da resistência ao impacto no bico de calçados.

Os ensaios efetuados inicialmente de forma manual, foram conduzidos de forma repetitiva, isto é, submetendo-se o calçado provado a sucessivos impactos com uma carga constante, obtida pelo erguimento da carga até o posicionamento horizontal do pêndulo.

Após cada impacto, o calçado ensaiado é examinado para verificar se houve rompimento ou não do solado, ou então, alguma anomalia ocorrida.

A seguir os primeiros resultados obtidos:

Concluído

Iniciar em aberto a salvar relatorio 01 Frederico - M... Microsoft Excel - cronogr... Curso: Sistema Meca...

17:36

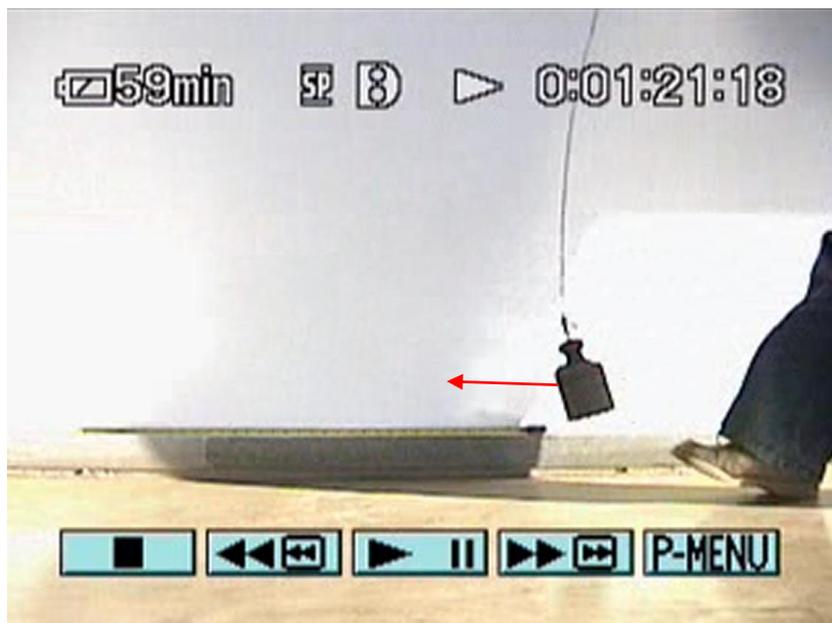
Fonte: Próprio autor.

O site do projeto tem como objetivo levar à comunidade as informações sobre o desenvolvimento das atividades, abrindo também um espaço para participação desta.

Como primeiro passo foi realizado um estudo experimental sobre o impacto do calçado devido ao caminhar. Este estudo teve como objetivo determinar a energia envolvida no impacto. Inicialmente foram feitas filmagens com uma câmera objetivando, no modo lento, visualizar o impacto. A Figura 2 mostra a imagem de um quadro da filmagem.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 2 – Imagem da filmagem de um impacto.



Fonte: Próprio autor.

A primeira filmagem realizada, teve como experimento o impacto em um pêndulo de peso conhecido. O objetivo era medir o deslocamento do peso e, aplicando as leis da física, determinar a energia envolvida no processo. O experimento não foi satisfatório tendo em vista que o pesquisador está condicionado a reduzir a força do impacto já que o prevê.

Uma segunda tentativa, agora para avaliar o tempo de duração e a deformação no impacto foi realizada ao chutar-se uma tábua. A Figura 3 mostra um quadro da filmagem deste impacto.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 3 – Tempo e deformação no impacto.



Fonte: Próprio autor.

Na segunda tentativa, mostrada na Figura 3, demonstrou que impacto tem tempo de duração muito pequeno, já que não pode ser capturado com uma filmadora comum. O impacto somente pode ser capturado com uma câmera de alta velocidade ou, talvez, com uso de uma luz estroboscópica.

Não obtendo dados experimentais consistentes, iniciou-se um estudo teórico, a fim de localizar artigos referentes a impactos em calçados. Neste estudo somente foram encontrados trabalhos de impacto que avaliam os efeitos do impacto sobre o homem, e não avaliam a qualidade do produto, o calçado.

Paralelamente a esse estudo foi iniciada a compra da máquina de tração convencional, utilizada nos ensaios de descolamento do solado do cabedal. Os resultados obtidos por essa máquina são objetivo de estudo comparativo com aqueles obtidos na máquina de impacto proposta.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Os ensaios devem ser realizados dentro de padrões estabelecidos em normas. O ensaio de tração, em particular, deve atender a norma brasileira ABNT NBR-15323 **Calçados - Determinação da resistência da colagem da sola/solado a 90°**. Esta norma se divide em três métodos de ensaio, específicos para diferentes tipos de construção do calçado. Os métodos preveem uma fixação especial do calçado, bem como do solado. Esta fixação deve ser prevista na aquisição do equipamento de ensaio. Levando estas condições técnicas em vista, foi realizada uma cotação de preços para máquinas de ensaio. O Quadro 1, mostra a cotação realizada para diferentes fornecedores.

Quadro 1 - Cotação para aquisição da máquina de ensaios em julho de 2008.

Fornecedores – Marca/Modelo - Característica – Valor da Proposta			
EMIC-DCE (Departamento Comercial Emic) <a href="http://www.emic.com.br">www.emic.com.br</a> emic@emic.com.br	KRATOS Kratos Equipamentos Industriais LTDA <a href="http://www.kratos.com.br">www.kratos.com.br</a> kratos@kratos.com.br	ISO Comércio e Representações Fone/Fax: 51- 32453680	WATT Representações Instrumentos de Teste & Medição Telefax: 71- 3343119
EMIC / DL500	KRATOS / KE 500/2000MP	EMIC / não especificado	não especificada / não especificado
Capacidade: 5000 N Velocidade: 0,01 a 1000 mm/min Medição de deslocamento: 0,01 mm	Capacidade: 20000 N Velocidade: 0,01 a 500 mm/min Medição de deslocamento: 0,01 mm Altura: 2435 mm	Capacidade: 5000 N Velocidade: não especificada Medição de deslocamento: não especificada	Capacidade: 5000 N Velocidade: não especificada Medição de deslocamento: não especificada

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

<p>Altura: 1790 mm Largura: 860 mm Profundidade: 450 mm Peso: 220 kg Acessórios: células de carga de 200 N e 5000 N, par de garras para solado, dispositivo de fixação de calçados e software.</p>	<p>Largura: 843 mm Profundidade: 650 mm Peso: 240 kg Acessórios: célula de carga de 5000 N, par de garras para solado, dispositivo de fixação de calçados e software.</p>	<p>Altura: não especificada Largura: não especificada Profundidade: não especificada Peso: não especificado Acessórios: células de carga de 200 N e 5000 N, par de garras para solado, dispositivo de fixação de calçados e software.</p>	<p>Altura: não especificada Largura: não especificada Profundidade: não especificada Peso: não especificado Acessórios: células de carga de 200 N e 5000 N, par de garras para solado, dispositivo de fixação de calçados e software.</p>
R\$ 48.500,00	R\$ 50.539,30	R\$ 62.730,00	R\$ 66.980,00

Fonte: Próprio autor.

O Quadro 1 indica, entre as opções de compra, que o equipamento fornecido pela EMIC apresenta custo inferior. Atendendo as especificações para o ensaio, passa a ser o fornecedor escolhido.

A Figura 4 mostra a máquina de ensaio adquirida para o desenvolvimento do projeto.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 4 – Máquina de ensaios EMIC/DL500.



Fonte: Próprio autor.

Observando a Figura 4 pode ser notado, na parte central da máquina, um calçado submetido ao ensaio. Este, na sua parte superior, tem o solado puxado pelas garras, e na parte inferior o calçado é fixado pelo dispositivo específico. A Figura 5 mostra estes elementos.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 5 – Garras e dispositivo de fixação.



Fonte: Próprio autor.

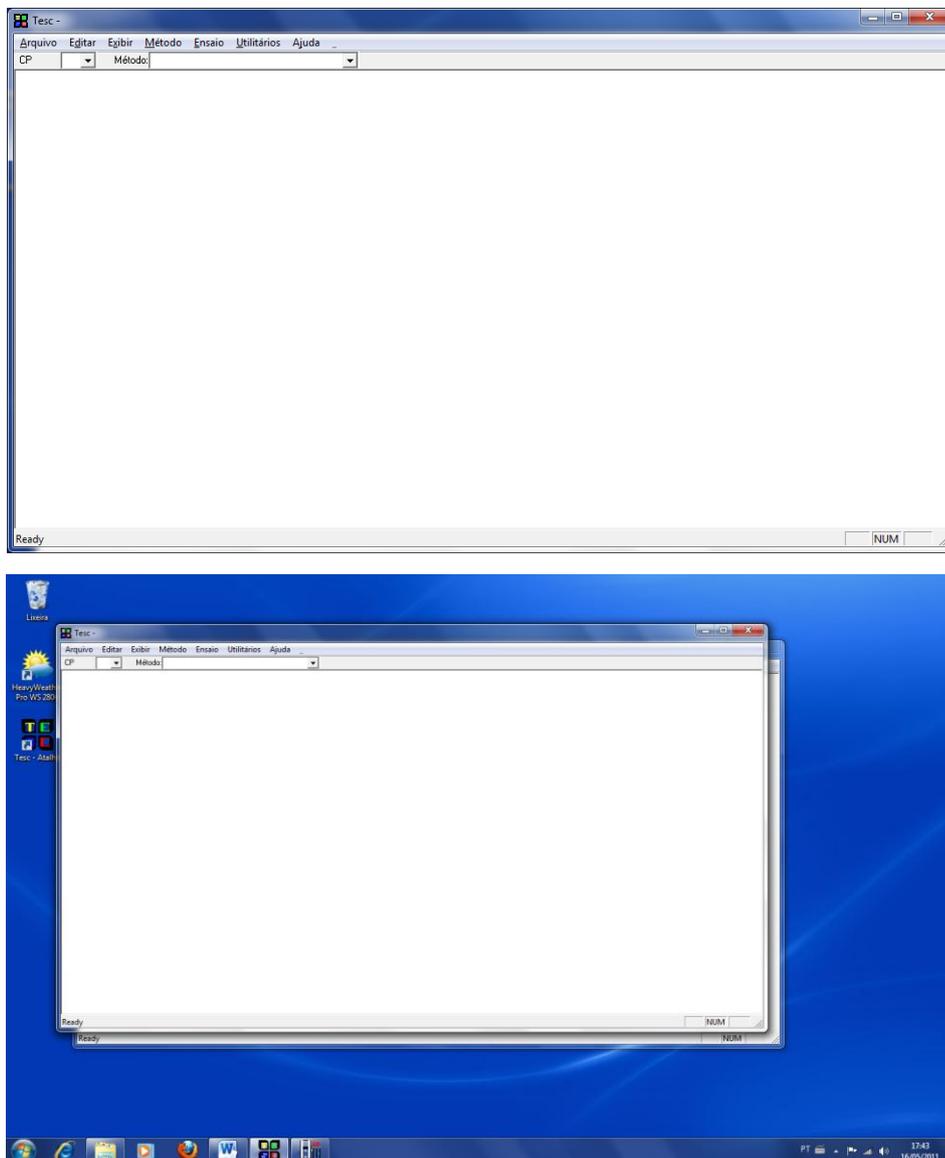
A esquerda da Figura 5 o par de garras fixa o solado previamente preparado, possibilitando que seja tracionado pela máquina de ensaios. O preparo do calçado é feito com um corte inicial da loca para fixação das garras. Este corte já provoca uma alteração da forma do calçado, podendo influenciar no ensaio. Não existe outra forma de realizar o ensaio, evitando o corte inicial que é previsto na norma e descrito em nota como “*A fixação da pinça à sola deve ser feita com cuidado, descolando o mínimo possível*”. Na direita da Figura 5, o dispositivo de fixação do calçado permite que se fixe o calçado na posição de preparação ou ensaio.

O ensaio é controlado por um software específico para máquina utilizada, que permite a definição dos parâmetros do ensaio, bem como fornece os dados relativos a um ensaio realizado. Este software pode ser programado em função da ABNT NBR-15323, controlando a velocidade do ensaio. O software que controla a máquina

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

é o TESC, versão 3.04. A tela deste programa pode ser visto na Figura 6. Nesta figura o software aparece sem nenhum ensaio executado. Quando o ensaio é executado o programa mostra a curva do ensaio. Esta curva é definida em Força versus deformação, como mostra a Figura 7.

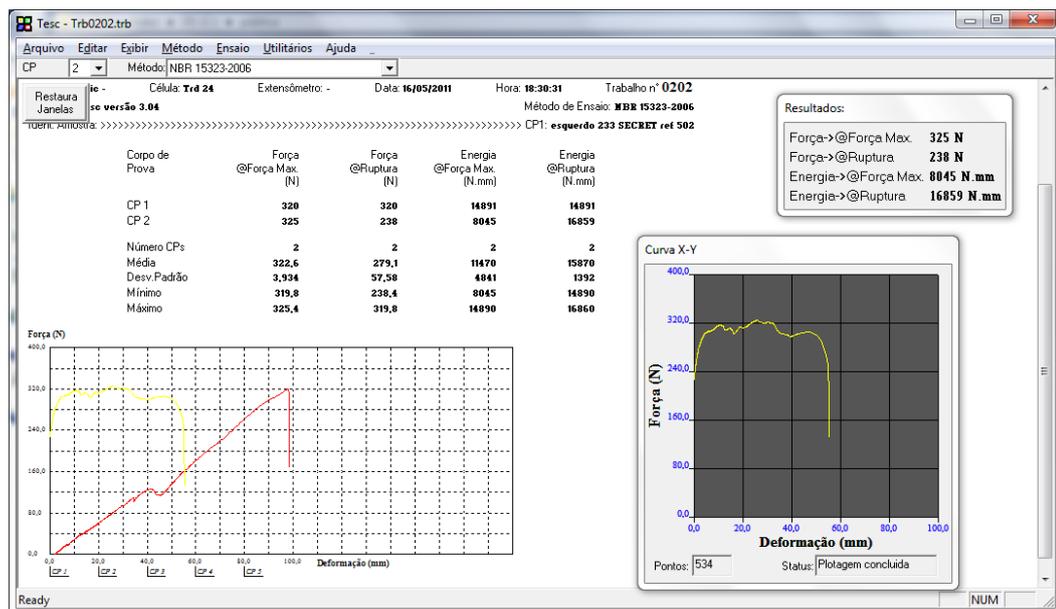
Figura 6 – Programa TESC, versão 3.04.



Fonte: Próprio autor.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center"><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</b></p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center"><b>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</b></p>	<p align="center"><b>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</b></p> <p align="center"><b>RELATÓRIO FINAL</b></p>
---	---	---

Figura 7 – Ensaio realizado com o software TESC, versão 3.04.



Fonte: Próprio autor.

Adquirida a máquina de ensaios foi feita a instalação do laboratório físico. Assim se pôde dar início ao estudo do ensaio tradicionalmente realizado. A Figura 8 mostra instalação física do laboratório.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 8 – Instalação física inicial do laboratório.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 8 pode ser observada, a esquerda, a máquina de ensaio de tração. O computador, a direita, tem a função de comandar a máquina de ensaios.

No ambiente físico, onde está instalada a máquina, foram feitos testes iniciais com intuito de aprender a operar o equipamento e programar o software.

Com o equipamento disponível para realização do ensaio tradicional, foi desenvolvido um protótipo para o ensaio de impacto proposto. Construído em perfis metálicos e com formato trapezoidal a Figura 9 mostra o protótipo.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 9 – Protótipo da máquina de impacto.



Fonte: Próprio autor.

Baseado na máquina de ensaios tradicional o calçado é fixo e o impacto é realizado por um pêndulo. Esta configuração também é utilizada em máquinas de ensaios de impacto em metais. Na Figura 9 pode ser observado em azul o “pé-de-moleque” para fixação do calçado. O pêndulo possui pesos variáveis adicionais para variação do impacto, a fim de obter um valor apropriado para uma futura automação.

O ensaio é realizado de forma que o pêndulo é liberado da posição horizontal, sendo assim conhecida a energia inicial do sistema. Largado manualmente tantas vezes quanto às necessárias, até o rompimento do solado, se pode obter um indicativo de qualidade do produto. O calçado deve ser posicionado de forma que o impacto seja no bico do calçado, na junção do cabedal ao solado, como mostra a Figura 10.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 10 – Posicionamento do calçado.



Fonte: Próprio autor.

Inicialmente de supunha que o rompimento aconteceria na união do cabedal ao solado, no ponto de colagem. Testes iniciais demonstraram que isto não é verdadeiro, pois, o solado rompe antes do descolamento do cabedal. Assim, uma fissura no solado ou o rompimento do solado passam a ser o referencial de qualidade do produto. O rompimento do solado pode ser visto na Figura 11.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 11 – Fissura e rompimento do solado.

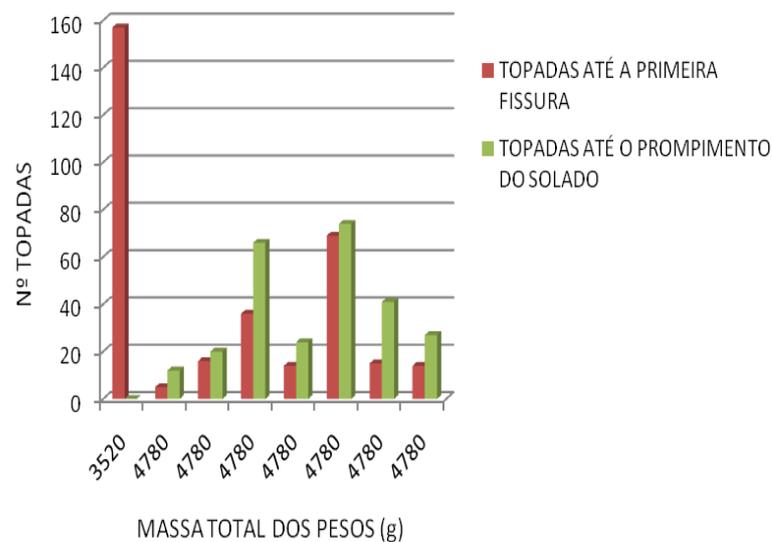


Fonte: Próprio autor.

Como índice de qualidade pode ser tomado o número de impactos (topadas) necessários à fissura ou rompimento do solado. Ensaios experimentais podem ser vistos na Figura 12. Neste caso a avaliação é de forma quantitativa e não qualitativa. Observando a norma ABNT NBR-15191 **Construção inferior do calçado – Saltos - Determinação da resistência a fadiga, por impacto (Pica-Pau)** esta usa como avaliação de resultados também uma forma qualitativa, quando avalia os resultados em: a) sem danos, b) trincamento do salto e c) quebra total do salto. O ensaio proposta deve ser comparado ao ensaio de resistência à colagem, determinada pela ABNT NBR-15323. Neste caso a norma expressa a avaliação nas formas quantitativas e qualitativas.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 12 – Número de topadas até a fissura ou rompimento do solado em função da massa pêndulo.



Fonte: Próprio autor.

A Figura 12 indica um número elevado de topadas para um pêndulo com pesos de massa 3520 g. Neste caso nem mesmo houve o rompimento do solado. Adicionando mais uma massa ao pêndulo, agora com 4780 g, se pode observar o rompimento. Neste caso o número de impactos é de até 70. Assim uma automação foi desenvolvida para movimento do pêndulo. Um cilindro pneumático, acionado eletricamente (eletropneumática), foi instalado para levantamento do pêndulo e o liberando livremente para o impacto, como feito manualmente. A instalação desse cilindro pode ser vista na Figura 13.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 13 – Automação pneumática do pêndulo.



Fonte: Próprio autor.

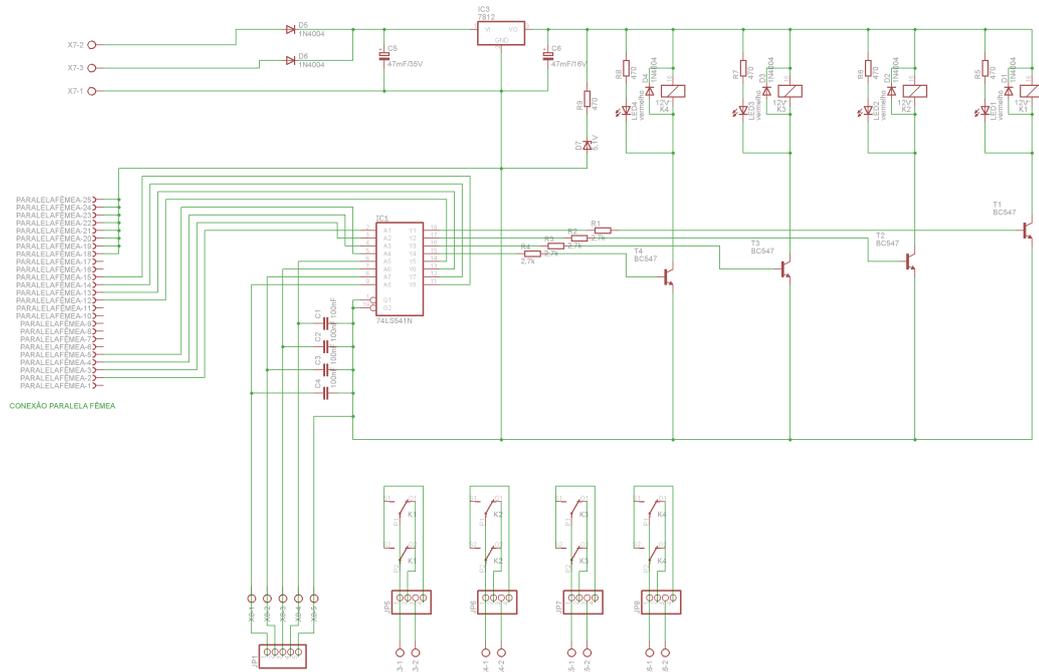
Para acionamento do cilindro foi utilizada uma eletroválvula que deve ser comandada por um computador, seguindo a metodologia da máquina de ensaios tradicional. Para realizar este comando tiveram de ser desenvolvidos um hardware e um software específicos. O hardware é um elemento físico que conecta o

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center"><b>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</b></p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center"><b>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</b></p> <p align="center"><b>RELATÓRIO FINAL</b></p>
---	--	---

computador à eletroválvula. O software comanda o hardware, sendo desenvolvido especialmente para esse fim.

O hardware se comunica com a porta paralela do computador e ativa um relé de comando. Na confecção desse hardware foram previstos quatro relés de comando e quatro entradas digitais, tornando-o flexível a outras melhorias eventuais. O esquema elétrico do hardware pode ser visto na Figura 14. Neste esquema foi utilizado um BUFFER para isolar o hardware da porta paralela, prevendo certo isolamento elétrico.

Figura 14 – Esquema elétrico do hardware confeccionado.



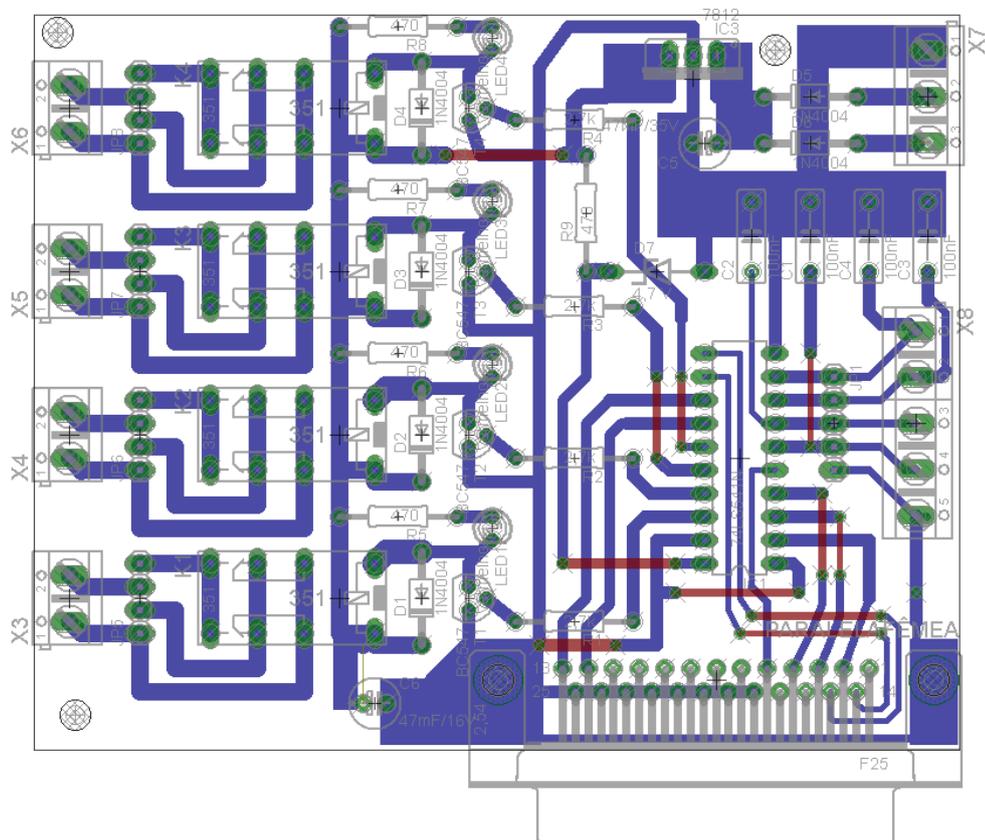
Fonte: Próprio autor.

Uma vez elaborado o esquema foi preciso projetar placa física do hardware, onde é previsto o posicionamento dos componentes elétricos sobre a placa e determinada a conexão elétrica através das trilhas. O projeto da placa física pode ser visto na Figura 15. Os componentes são representados em cinza claro e as

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

trilhas em azul. As linhas vermelhas representam pontes elétricas feitas em cruzamento de trilhas. As pontes são condutores elétricos soldados do mesmo lado dos componentes.

Figura 15 – Projeto da placa física.

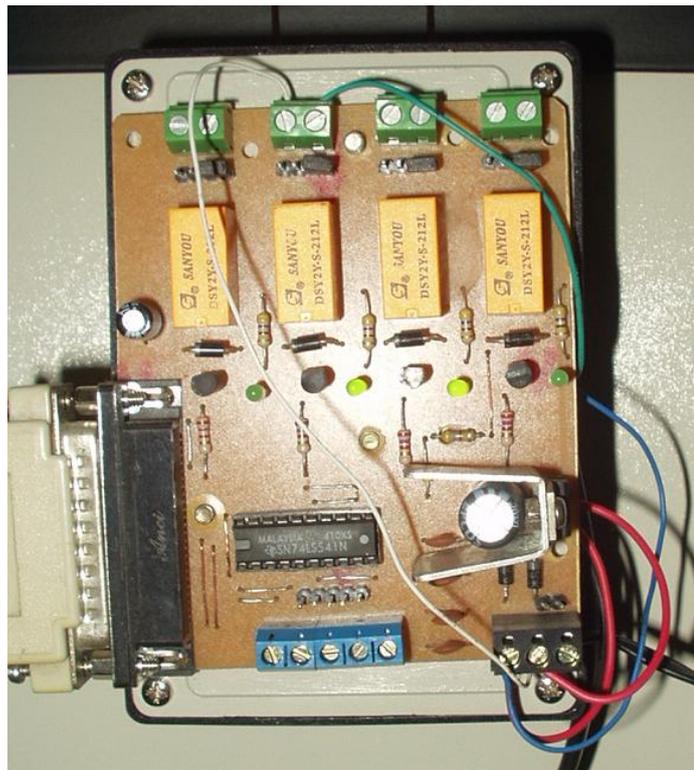


Fonte: Próprio autor.

Feito o projeto do esquema e da placa, o hardware foi confeccionado no próprio laboratório de Inovação e otimização da faculdade. Após alguns ajustes devido a problemas no projeto, e já conectada no computador controlando o protótipo, o hardware pode ser vista na Figura 16.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 16 – Hardware de controle.

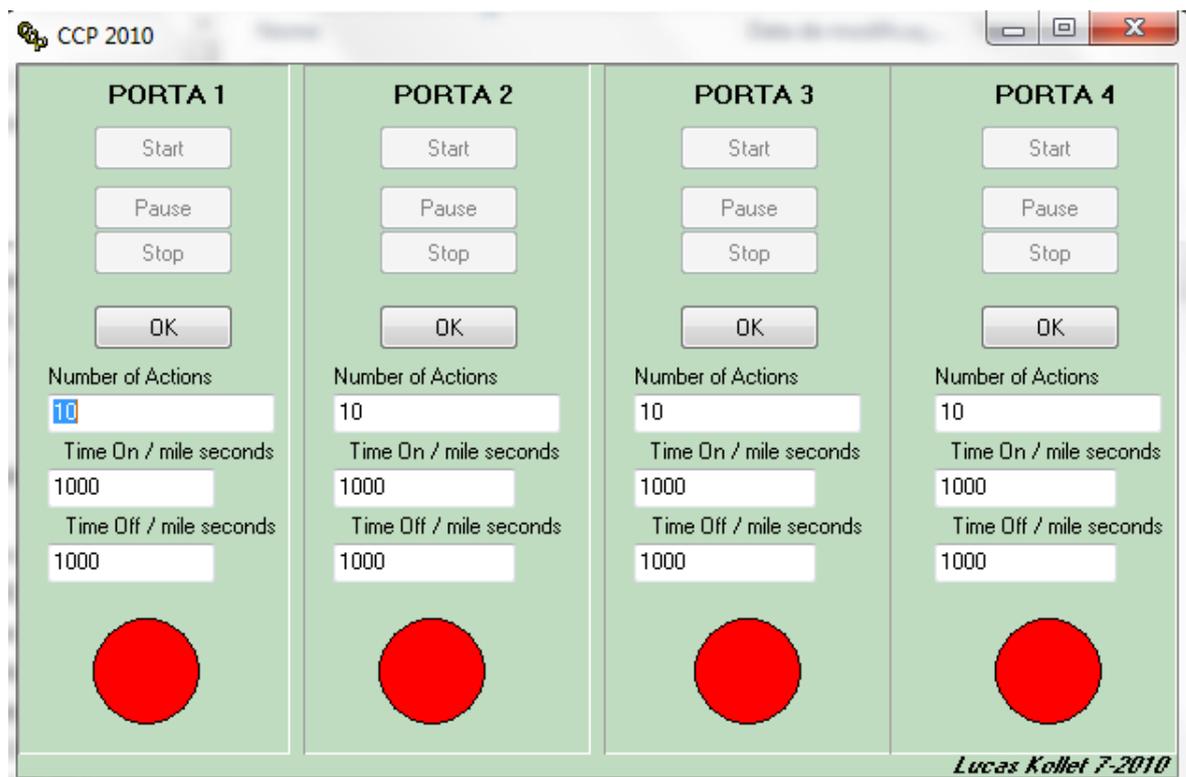


Fonte: Próprio autor.

Para controlar o hardware foi elaborado um software específico para o ensaio. Neste pode ser programado o tempo de acionamento do pêndulo, o tempo de liberação do pêndulo e o número de impactos previstos. Nesse caso deve ser feita uma previsão dos números de impactos até a fissura ou rompimento da cola ou solado. Caso a previsão de impactos exceda as do ensaio, o pêndulo pode ser parado a qualquer instante e, eventualmente, ser reiniciado. A cada impacto o programa indica o número total de impactos ficando apenas ao responsável controlar o acabamento do calçado, encerrando o ensaio na fissura ou rompimento. Na Figura 17 pode ser vista a tela do programa desenvolvido. Cada uma das quatro portas comanda um canal separado, sendo utilizado apenas um canal.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 17 – Tela do programa desenvolvido para o hardware.



Fonte: Próprio autor.

Ensaio de laboratório devem ser realizados em ambiente climatizado ou conhecido, tendo as condições de temperatura e umidade controladas e/ou medidas. Na instalação física do laboratório, até então, não havia qualquer controle de temperatura, nem mesmo a medição destes parâmetros. Assim foi montado um isolamento das máquinas de ensaio tradicional e do projeto em relação ao laboratório de inovação, onde estão instaladas. Uma divisória com meia altura de vidro foi instalada. Neste ambiente não se obteve um controle sobre a temperatura e a umidade, mas estes parâmetros já podem ser mantidos mais estáveis e podem ser medidos. A Figura 18 mostra a divisória.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 18 – Divisória instalada no Laboratório de Inovação.



Fonte: Próprio autor.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

A temperatura e a umidade são medidas com um controlador da FullGauge, instalados no laboratório. Este controlador está interligado a um computador que mantém um histórico das medições. Assim a temperatura e a umidade podem ser medidas a qualquer instante durante o ensaio. O histórico também pode ser recuperado no período em que a amostra fica guardada no laboratório, já que a medição é realizada ininterrupta, exceto na falta de energia elétrica. O controlador utilizado é do modelo *MT-531Riplus* e pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 – Controlador para medição da temperatura e umidade.



Fonte: Próprio autor.

O computador mantém um histórico dos dados podendo ser montado um gráfico no intervalo desejado. O programa para aquisição e armazenamento das medições, denominado *SITRAD local*, é desenvolvido pelo fabricante do controlador e sua tela pode ser vista na Figura 20.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 20 – Programa *SITRAD local*.

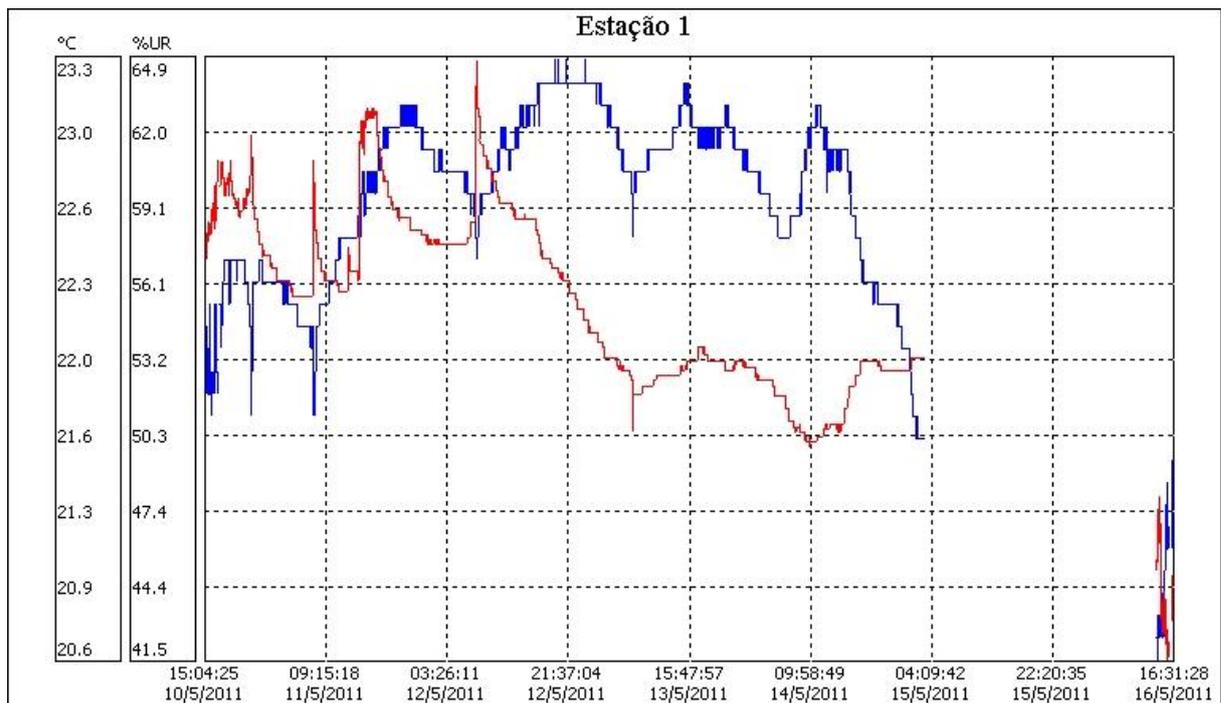


Fonte: Próprio autor.

O *SITRAD local* pode gerar um gráfico no intervalo desejado, indicando temperatura e umidade ao longo do tempo. A Figura 21 mostra um exemplo de gráfico gerado pelo programa.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 21 – Gráfico de temperatura e umidade gerado pelo *SITRAD local*.



Fonte: Próprio autor.

O gráfico da Figura 21 mostra duas curvas, a curva azul representa a temperatura e a curva vermelha a umidade. Assim podem ser acompanhadas as medições em intervalos de dia e horas desejados.

Com o laboratório isolado e condições ambientais medidas poderão ser realizados ensaios com maior precisão.

Fator que colaborou com o desenvolvimento do projeto foi o de encontrar empresas parceiras que se dispuseram a fornecer modelos de calçados esportivos ou semi-esportivos novos para os ensaios, em acordo com a proposta do projeto, com a especial colaboração das empresas *Azaléia* e *BIBI* da vizinha cidade de Parobé e da empresa *Marisol* da cidade de Novo Hamburgo.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

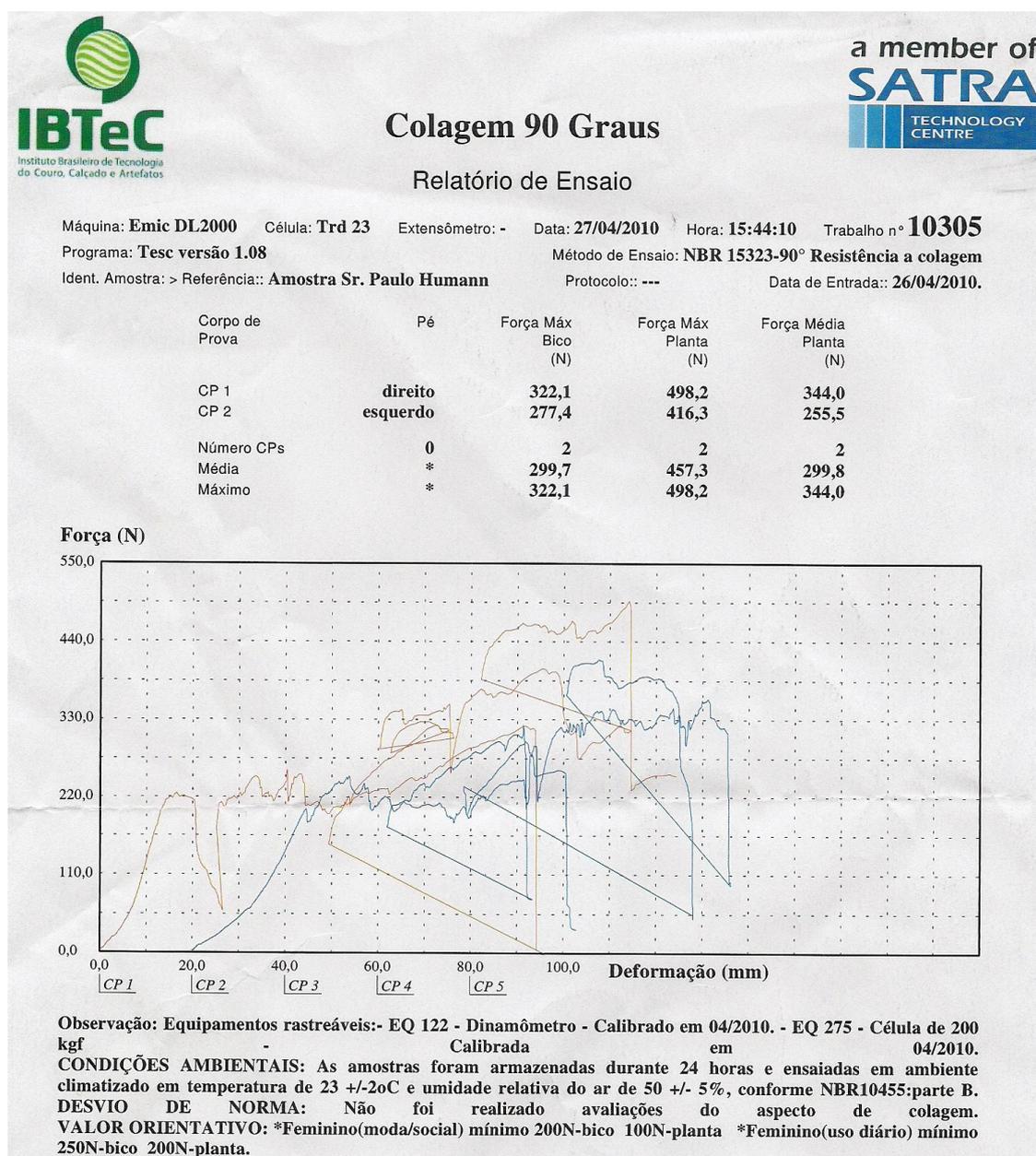
No início dos trabalhos com o equipamento de tração, foi feita uma parceria com o IBTeC (Instituto Brasileiro da Tecnologia do Calçado), de Novo Hamburgo, realizando um ensaio tradicional de tração em uma amostra idêntica as utilizadas no nosso laboratório, a fim de obter um comparativo. O ensaio tradicional realizado no IBTeC pode ser visto na Figura 22. Ali são indicados dois corpos de prova, referentes a um par de calçados, como indicado no relatório. As forças máximas para estes corpos de prova são da ordem de 440 N.

As curvas dos corpos de prova não são regulares, isso se deve ao fato dos calçados rasgarem de forma diferente, em função da resistência da cola e do solado, havendo variáveis como o formato do calçado e do solado, e também do material usado no solado .

No entanto a maior variável dos testes é o formato da parte frontal do solado, especialmente pelo fato dos fabricantes usarem em seus modelos uma “falsa vira” que protege a biqueira do calçado aos impactos, mas esta ao mesmo tempo dificulta a avaliação da resistência ao impacto, uma vez que acaba-se avaliando mais a resistência desta parte frontal do solado, ou seja do solado propriamente dito, do que a da separação ou descolagem entre o cabedal (parte superior do calçado) e o solado.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 22 – Ensaio tradicional realizado no IBTeC.



Fonte: IBTeC.



 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 24 – Calçado a ser ensaiado com marcação do bico e planta.



Fonte: Próprio autor.

Executado o ensaio o calçado apresenta o bico como mostrado na Figura 25, conforme solicitado pela Norma Técnica.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 25 – Calçado ensaiado.



Fonte: Próprio autor.

Aplicando o ensaio de impacto ao mesmo calçado se verifica que a direção e sentido da aplicação da força agora é longitudinal ao solado. Veja a fixação do calçado na máquina de ensaio, ver Figura 26.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 26 – Posição do calçado na máquina de ensaio.

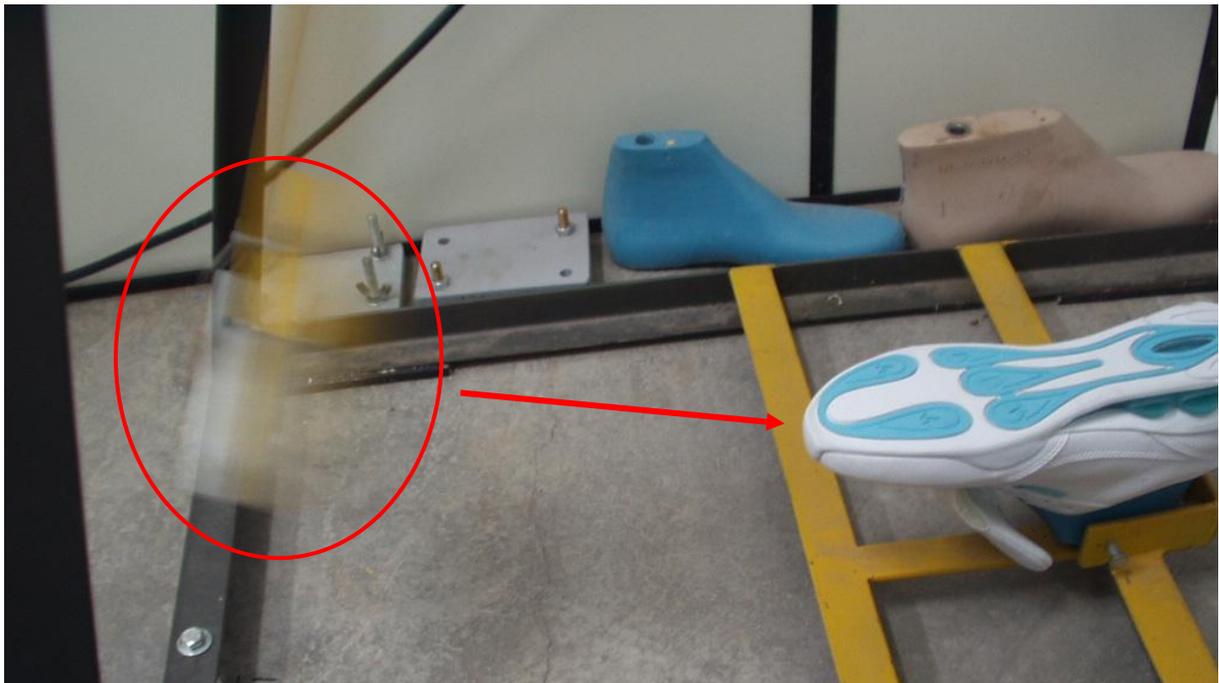


Na Figura 26, o círculo em vermelho indica o ponto de impacto. O impacto será pelo movimento de um pêndulo que cai livremente. Este pêndulo tem massa variável que será função do tipo de solado.

O movimento do pêndulo em relação ao calçado pode ser visto na Figura 27.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Figura 27 - Movimento e posição do pêndulo para impacto no calçado



O movimento consecutivo de impactos gera uma deformação permanente e eventual ruptura, dependendo do peso e quantidades de impactos. A Figura 28 mostra a deformação permanente, uma pequena fissura no bico.

Figura 28



	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

Quando acontece o rompimento do solado, considerado nesse caso como uma abertura no calçado, ou por rompimento do solado ou cola, a deformação se apresenta como mostrado na Figura 29. Neste caso já não há mais união ente o solado e cabedal.

A fissura ou rompimento podem alterar em função do tipo de calçada, sendo importante o acompanhamento do ensaio por parte do operador da máquina, avaliando cada impacto a condição do calçado.

Figura 29 – Rompimento do solado



A qualidade do produto calçadista pode então ser avaliada por impacto, além do ensaio tradicional de tração.

Note que o ensaio de impacto se torna importante para avaliar as topadas em degraus de escadas ou desníveis de terreno, enquanto a o ensaio tradicional avalia a adesão do solado ao cabedal.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p align="center">Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p align="center"><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p align="center">Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p align="center">DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p align="center">RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

## Conclusões

O protótipo desenvolvido foi apresentado ao mercado regional, do Vale do Paranhana em apresentação especial nos dias 29 de abril e 06 de maio de 2011, totalizando 20 horas/aula, através de um curso para a divulgação da tecnologia desenvolvida e difusão de conhecimentos sobre a resistência ao impacto e rasgamento de calçados para melhorar o entendimento acerca do tema sobre colagens pelo setor calçadista (ver em anexo lista de presenças).

Como a colagem, tintura e pintura são operações básicas e essenciais na produção de calçados houve a necessidade de, também adicionalmente, organizar um curso sobre aplicações industriais, ministrado em 13/05/2011. Este curso apresentou as principais tecnologias sobre o processo de colagem, tintura e pintura de adesivos usados no setor e, especialmente, sobre a maneira de aplicar os adesivos nos materiais que compõem os calçados (ver em anexo lista de presenças).

Após os estudos e trabalhos realizados em laboratório, verificamos dificuldades de vincular a resistência de fixação do solado, medido pela máquina de tração original, ao rompimento da sola pelo número de impactos feitos, especialmente pelas características já citadas: formato da sola, materiais do solado e desenho especial das ranhuras das solas.

Estas características não são apenas importantes, mas fundamentais para a resistência deste tipo de calçado e conseqüentemente fundamentais para a orientação na escolha do tipo de solado e também para uma adequada indicação aos consumidores e aos fabricantes de calçado esportivo.

Para obter dados consistentes e conclusivos sobre a relação entre a resistência aos impactos e o rasgamento de solas já estabelecido por ensaio com Norma Técnica serão necessários novos ensaios com um número maior de calçados esportivos, com um número maior de modelos e de fabricantes, dando preferência a modelos que não tenham a “falsa vira” na biqueira.

 <p>SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p><b>PROGRAMA DE APOIO AOS PÓLOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA</b></p> <p>Pólo de Inovação Tecnológica Paranhana/Encosta da Serra</p> <p><b><u>Pesquisa</u></b></p> <p>Sistema Mecano-Ergonômico Aplicado a Otimização do Produto Calçadista</p>	<p>DIVISÃO DE PÓLOS TECNOLÓGICOS</p> <p>RELATÓRIO FINAL</p>
---	---	---

---

**Prof. Eng. Quim. Paulo Victor Humann**

Mestre em Engenharia de Produção  
Coordenador e Pesquisador do Projeto

---

**Prof. Eng. Mec. Frederico Sporket**

Mestre em Engenharia Mecânica  
Pesquisador do Projeto

Taquara, 17 de Maio de 2011