

Relatório Científico Final

**Estudo e Desenvolvimento de Interface
Gestual para Composição Interativa**

**Iniciação Científica FAPESP
(IC) 01/01147-8**

**Orientando: José Roberto Mialichi
Orientador: Prof. Dr. Jonas Manzolli**

**NICS – UNICAMP
Março - 2002**

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE GESTUAL PARA COMPOSIÇÃO INTERATIVA

JOSÉ ROBERTO MIALICHI

Aluno da graduação de Física – Unicamp

jmialich@lei.ifi.unicamp.br

ORIENTADOR: PROF. DR. JÔNATAS MANZOLLI

Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora – Unicamp

jonatas@nics.unicamp.br

1. Resumo do projeto

Este é o relatório final de um projeto de Iniciação Científica (IC) que propôs o estudo e o desenvolvimento de uma interface gestual utilizando dispositivos eletrônicos (sensores) capazes de captar os movimentos humanos na forma de sinais analógicos para posterior digitalização, parametrização e inserção destes sinais num sistema de composição musical interativa.

2. Conteúdo do relatório

Este relatório compõe-se de três partes:

- *Resultados e Cronograma:* descreve os resultados obtidos frente ao cronograma inicial.
- *Resultados Artísticos:* descreve as aplicações das interfaces desenvolvidas nesta Iniciação Científica.
- *Conclusões e Projeções:* analisa e discute os resultados.
- *Vídeo anexo:* apresenta imagens comentando o resultado da pesquisa.

3. Resultados e Cronograma

Conforme proposto pelo cronograma, os resultados esperados para o segundo período foram os seguintes:

- **RS1** – final do levantamento de referência bibliográfica sobre a utilização de Interfaces Gestuais nos trabalhos similares desenvolvidos no Brasil e no exterior;
- **RS2** – final do estudo do comportamento físico de sensores;

- **RS3** - estudo e desenvolvimento de uma interface gestual capaz de converter a variação de uma grandeza física, inerente ao movimento corpóreo (pressão, deslocamento ou ocupação espacial), em eventos sonoros;
- **RS4** – produção de relatório final de pesquisa.

Meses	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
RS1	X	X	X	x	X	x	x					
RS2		X	X	x	X	x	x	x				
RS3						x	x	x	X	x	X	
RS4						x						x

Tabela 1.0 Cronograma proposta para a pesquisa.

3.1 Artigos Correlatos

Além dos trabalhos discutidos no primeiro semestre, o orientando estudou o texto de Siegel e Jacobsen apresentado no *Computer Music Journal*, 2002, pg . Segue uma discussão do texto abaixo.

3.1.2 Siegel e Jacobsen

O artigo pesquisado intitula-se "The Challenges of Interactive Dance: An Overview and Case Study" (*A Exploração da Dança Interativa: uma revisão e caso de estudo*).

O artigo aludi a idéia de que temos um senso intuitivo para sincronizar o movimento corporal com a música. Em abordagens tradicionais de dança, os dançarinos tem que adaptar seus movimentos a sincronia da música. Então o autor descreve o seu estudo de caso da seguinte forma: *"Quais seriam as conseqüências estético-artísticas se a situação for inversa? Se, ao invés do bailarino dançar conforme a música, a música se manifestar através do movimento? ou se ambas dançarem juntas?"*

O artigo discute investigações envolvidas no desenvolvimento de interfaces para detectar o movimento humano e mapeá-lo em parâmetros sonoros. Apresenta também as contribuições de artistas envolvidos na criação de um *software* de composição musical para dança interativa. Segue algumas definições encontradas no texto.

"O que é Dança Interativa?"

O termo *interação* é freqüentemente confundido com *automação*; este refere-se a processos que são auto-operativos ou controlados por mecanismos físicos ou eletrônicos. Interação, em outras palavras, implica em um controle compartilhado por ambas as partes: *o agente influencia o processo e o resultado do processo influencia o agente*.

Um exemplo imediato de interação pode ser extraído do processo onde o movimento humano influencia a ordenação de eventos sonoros: *a medida que se influencia a música, se é influenciado por ela; a influência é mútua e a criação é conjunta*.

“Quais seriam as motivações artísticas para explorar a Dança Interativa?”

A possibilidade de controle da performance musical através do movimento parece fascinante por diversas razões:

- Possibilita a perfeita sincronia entre música e movimento;
- Amplia o potencial de interpretação e principalmente, improvisação;
- Possibilita um controle sensível e técnico do movimentos do corpo.
- Outros elementos da performance artística podem ser controlados, tais como, luz e elementos cenográficos.

“Qual a dimensão da interação entre movimento e música?”

A interação coreográfica é limitada pela atuação de sensores que detectam os movimentos do corpo. A locomoção de braços e pernas podem ser mensurados com sensores de deflexão, interruptores de mercúrio líquido detectam a inclinação do tronco e sensores piezoelétricos ou outros dispositivos localizam o corpo no espaço; em contrapartida, expressões do rosto, movimentos sutis da cabeça e das mãos não são detectáveis com este tipo de tecnologia, no entanto, desempenham papel fundamental no movimento cênico.

O movimento coreográfico, por sua vez, desenvolve-se no contexto destas limitações: exploram-se mais os movimentos do corpo que são mensuráveis, e a coreografia, no sentido restrito do conjunto destes movimentos, torna-se ferramenta para a dança e música.

A composição musical torna-se o elo entre movimento e dança. Os sinais elétricos relativos a cada movimento são parametrizados, por um *software*, como recursos de criação e transformação sonora.

3.2 Tapete Interativo

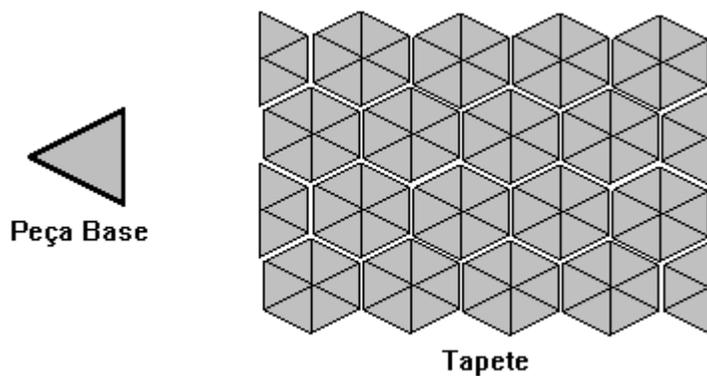
3.2.1 Teoria versus Prática: Confrontação

Inserimos o texto do relatório anterior, no que se refere ao tapete interativo, para estabelecermos quais foram as modificações implementadas no projeto e as razões pelas quais foram necessárias.

Tapete Interativo

O tapete interativo é um projeto que propõe a criação de uma nova interface gestual, baseada em um tapete que possui a propriedade de localizar um ou mais corpos que estejam sobre sua superfície.

O tapete, em sua concepção, será composto por 256 peças no formato de triângulos equiláteros que, montados, podem assumir a forma de um tapete retangular ou qualquer outra forma que se queira.



Cada Peça-Base possui uma configuração física que a identifica como uma posição fixa. Assim, o usuário dispõe a localização das peças como melhor lhe convier.

O funcionamento da Peça-Base é relativamente simples: a peça é localizada quando uma pessoa ou um corpo estiver sobre ela, exercendo uma força peso, fazendo com que a mesma estabeleça contato elétrico através de um interruptor de pressão: um circuito projetado com a finalidade de localizar o contato elétrico imediatamente reconhece o endereço deste contato, indexando a informação para o computador, onde será então processada com a finalidade a que se destina esta interface: produzir sons relacionados ao movimento dos corpos sobre o tapete.

A primeira modificação apresentada refere-se ao número de peças: concluímos que 64 peças seriam necessárias para cobrir uma área de aproximadamente 7m², suficiente para acomodar um corpo de dança; esta mudança demandou um custo quatro vezes menor que o orçamentado anteriormente, além de viabilizar sua construção no período estimado.

A segunda modificação ocorreu na fixação das peças (sobre uma base) em formato retangular, dispensando a configuração física que as identificasse como uma posição fixa. Isto refletiu uma enorme economia de materiais e mão de obra, sem que comprometesse a finalidade a que se destina esta interface: *produzir sons e eventos luminosos relacionados ao movimento dos corpos sobre o tapete*.

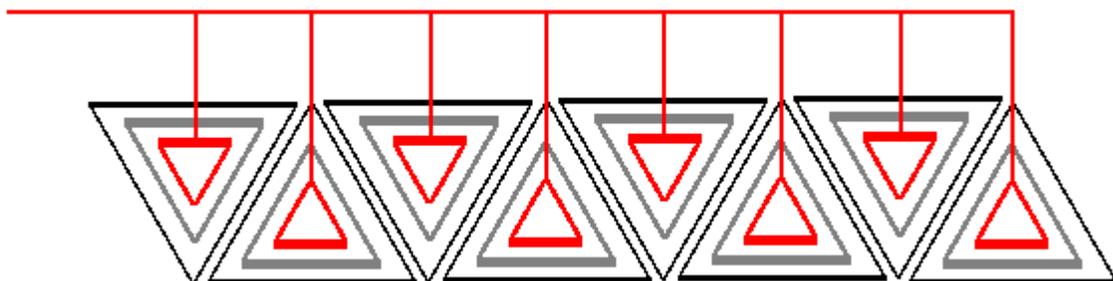
Por fim, a última modificação concerne ao funcionamento: a peça é localizada quando uma pessoa estabelece contato elétrico entre dois terminais através de um calçado cuja sola seja condutora. Embora exista a limitação do calçado, não encontramos no mercado interruptores de pressão que atendessem nossas exigências técnicas e/ou expectativas de custo; a solução encontrada será descrita detalhadamente adiante.

3.2.2 Descrição Geral

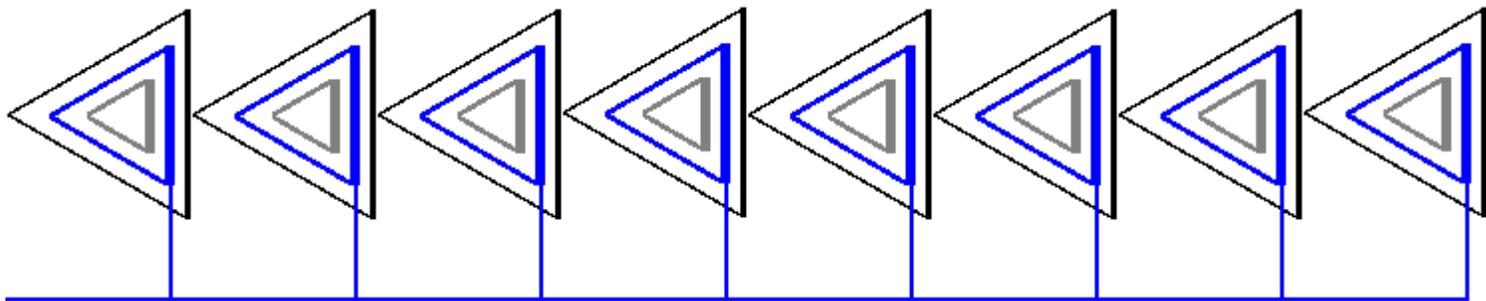
O tapete interativo compõe-se de 64 peças de borracha sintética, na forma de um triângulo equilátero, cujo lado mede 400mm. Sobre uma das superfícies de cada peça triangular estão colados dois triângulos equiláteros concêntricos, feitos de tiras metálicas de 20mm de largura; um dos triângulos, cujo lado mede 200mm, é interno ao outro triângulo, cujo lado mede 350mm. As peças estão dispostas em formato retangular sobre uma base de piso Decorflex, modelo Dijon, cor marfim, de dimensões 2,3m x 3,50m.

3.2.3 Funcionamento

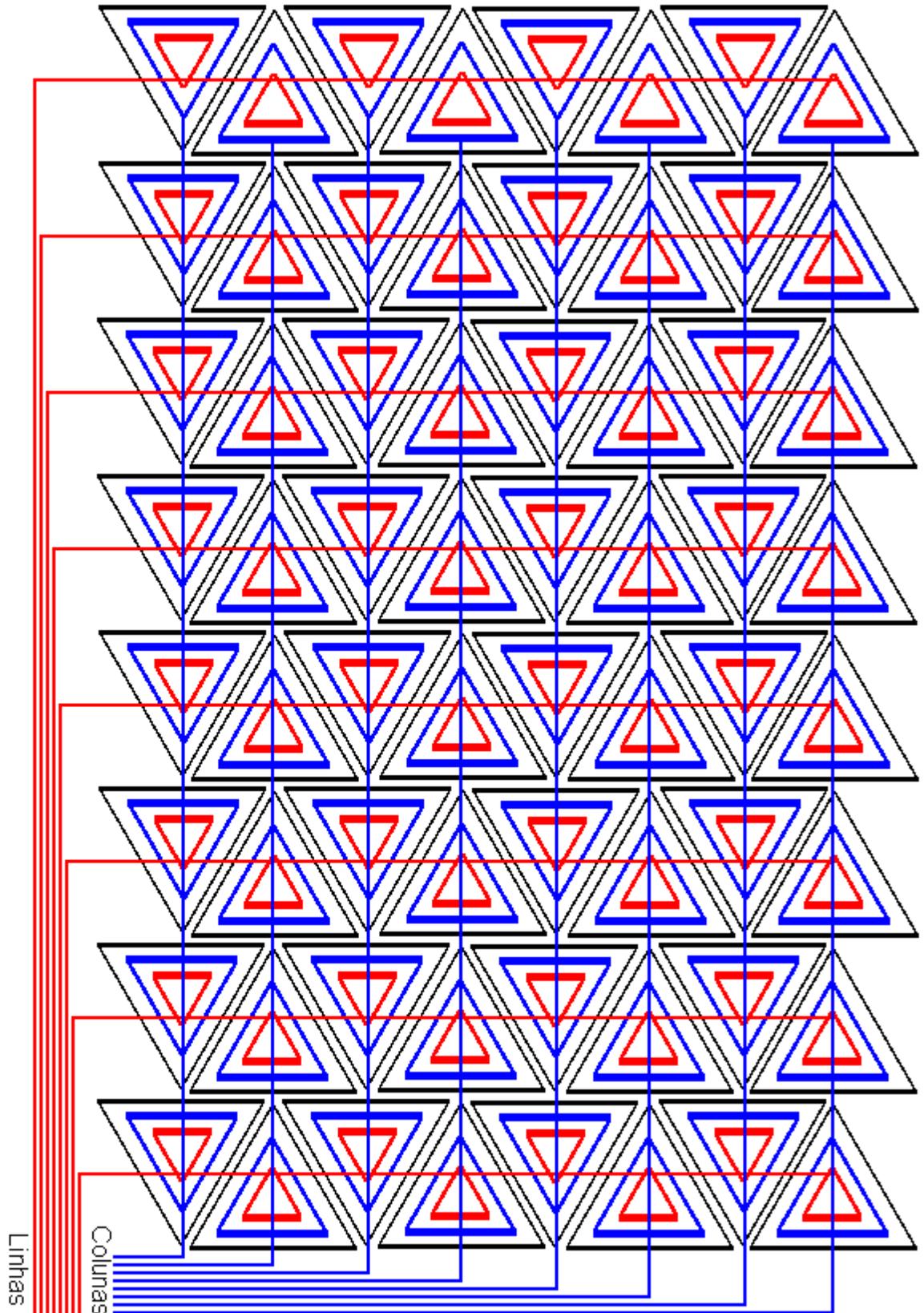
As peças triangulares estão dispostas em formato matricial 8 x 8; dessa forma, as peças que pertencem a uma mesma linha estão interligadas através de um extenso fio que coloca no mesmo potencial elétrico todos os triângulos metálicos internos.



As peças que pertencem a uma mesma coluna estão interligadas através de um extenso fio que coloca no mesmo potencial elétrico todos os triângulos metálicos externos.



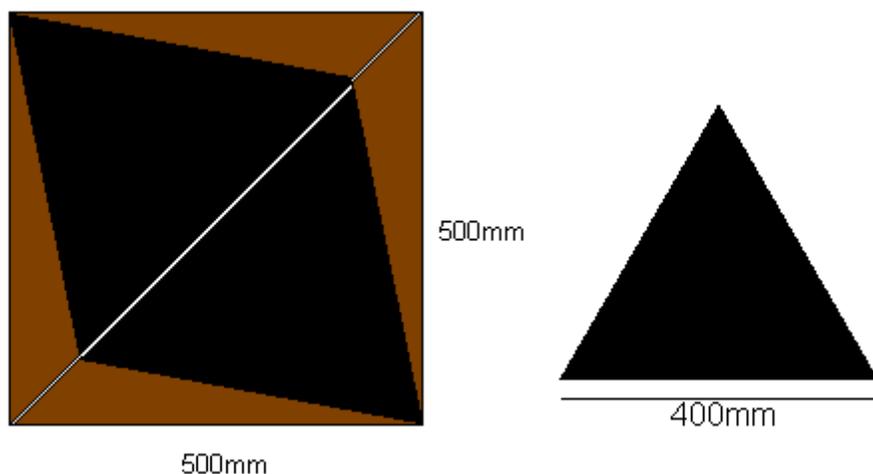
A disposição matricial do tapete permite que cada peça seja localizada; quando selecionada uma determinada linha, as peças que pertencem àquela linha são identificadas pela leitura das respectivas colunas em que se encontram. Denominamos de varredura do tapete, à seleção ordenada das linhas e à respectiva leitura concomitante das colunas, de forma sequencial. Uma peça é localizada quando um material condutor, disposto na sola do calçado do dançarino, fecha o circuito entre os triângulos metálicos da mesma, fazendo com que a coluna, a qual a peça pertence, esteja no mesmo potencial elétrico ao da linha que ela pertence; assim, quando esta linha é selecionada, o circuito de varredura identifica a peça através da coluna a qual ela pertence.



3.2.4 Consecução

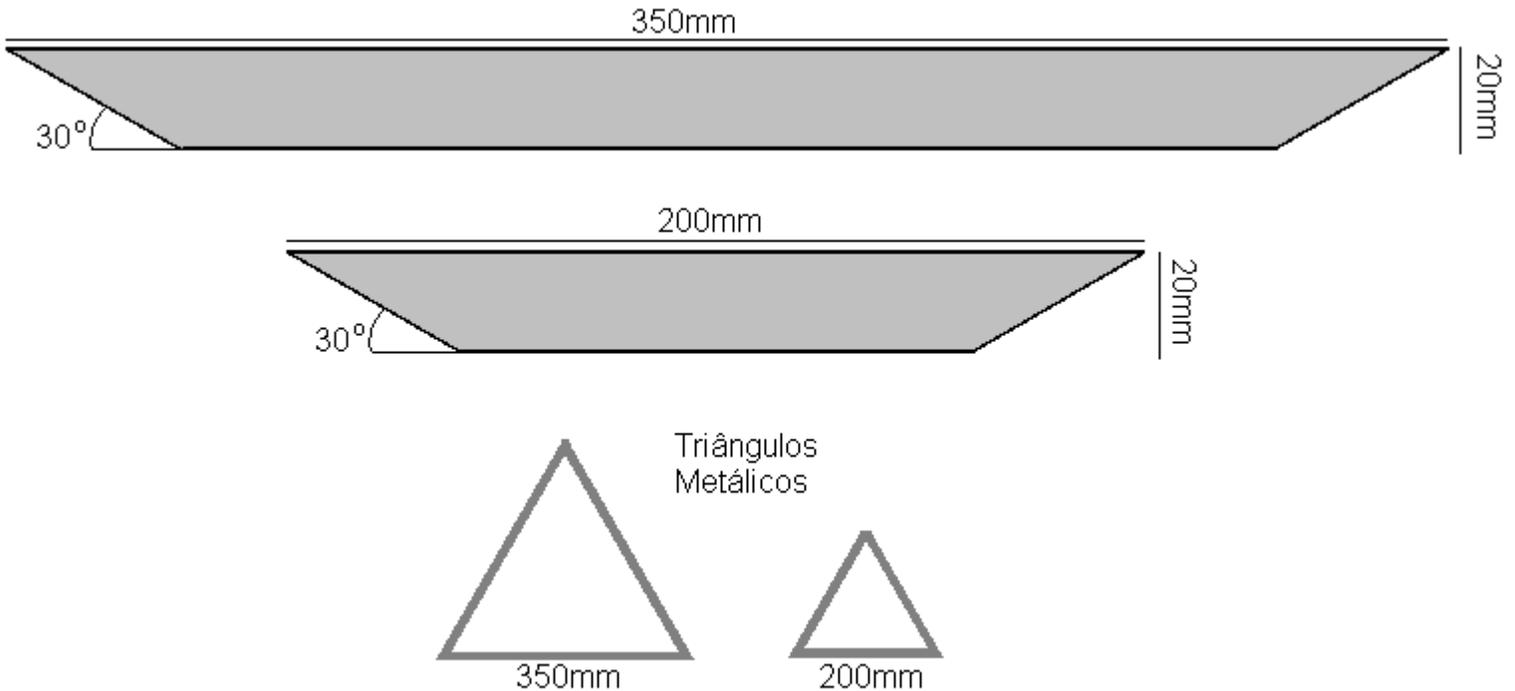
A consecução do tapete interativo compôs-se de 7 etapas:

1. Corte das placas de borracha sintética: placas de dimensões 500mm x 500mm foram cortadas de modo a se obter, por cada placa, dois triângulos equiláteros de 400mm de lado.



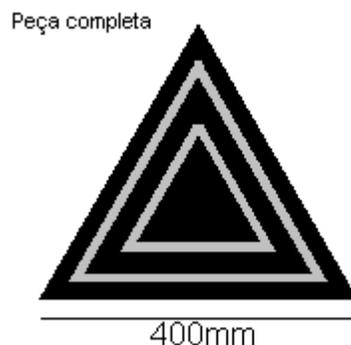
Com 32 placas Revest cor preta, recortamos 64 triângulos equiláteros.

2. Corte da chapa galvanizada: realizada na Oficina Mecânica Central da Física, sob a supervisão de Jorge Luiz Pires, duas chapas de aço galvanizado de dimensões 2m x 1,20m foram utilizadas como matéria-prima para confecção de tiras metálicas utilizadas na formação dos triângulos metálicos. 200 tiras metálicas de 20mm de largura e 350mm de comprimento e outras 200 tiras, mesma largura e 200mm de comprimento foram confeccionadas, apresentando nas extremidades um corte de 30 graus em relação ao comprimento.

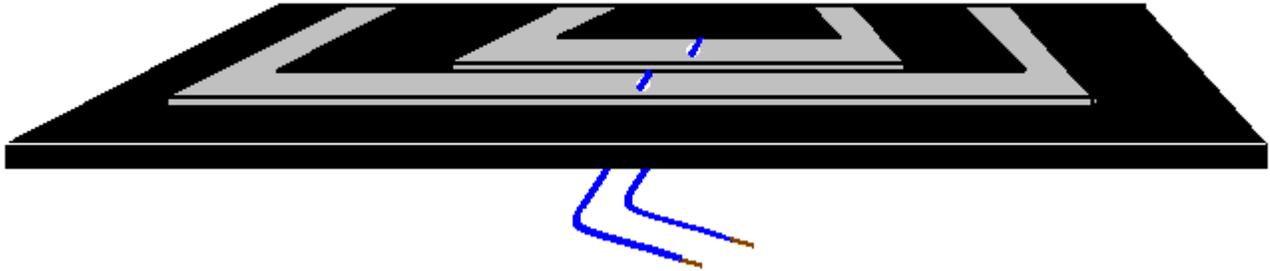


3. *Solda dos triângulos metálicos:* através da colaboração do Lab. Vácuo, do Instituto de Física da Unicamp, sob a supervisão de Carlos Pinelli, as tiras foram soldadas mediante o uso de solda TIG, que proporcionou uma solda limpa e sem irregularidades sobre a superfície da emenda. 192 tiras de 350mm de comprimento foram soldadas de modo a formar 64 triângulos metálicos, eqüiláteros; outras 192 tiras de 200mm de comprimento formaram 64 triângulos, nas mesmas condições.

4. *Colagem dos triângulos metálicos:* realizado na Oficina Mecânica Central da Física, foram colados um triângulo metálico interno e outro externo sobre cada peça de borracha sintética; para isto foi utilizada cola de contato.

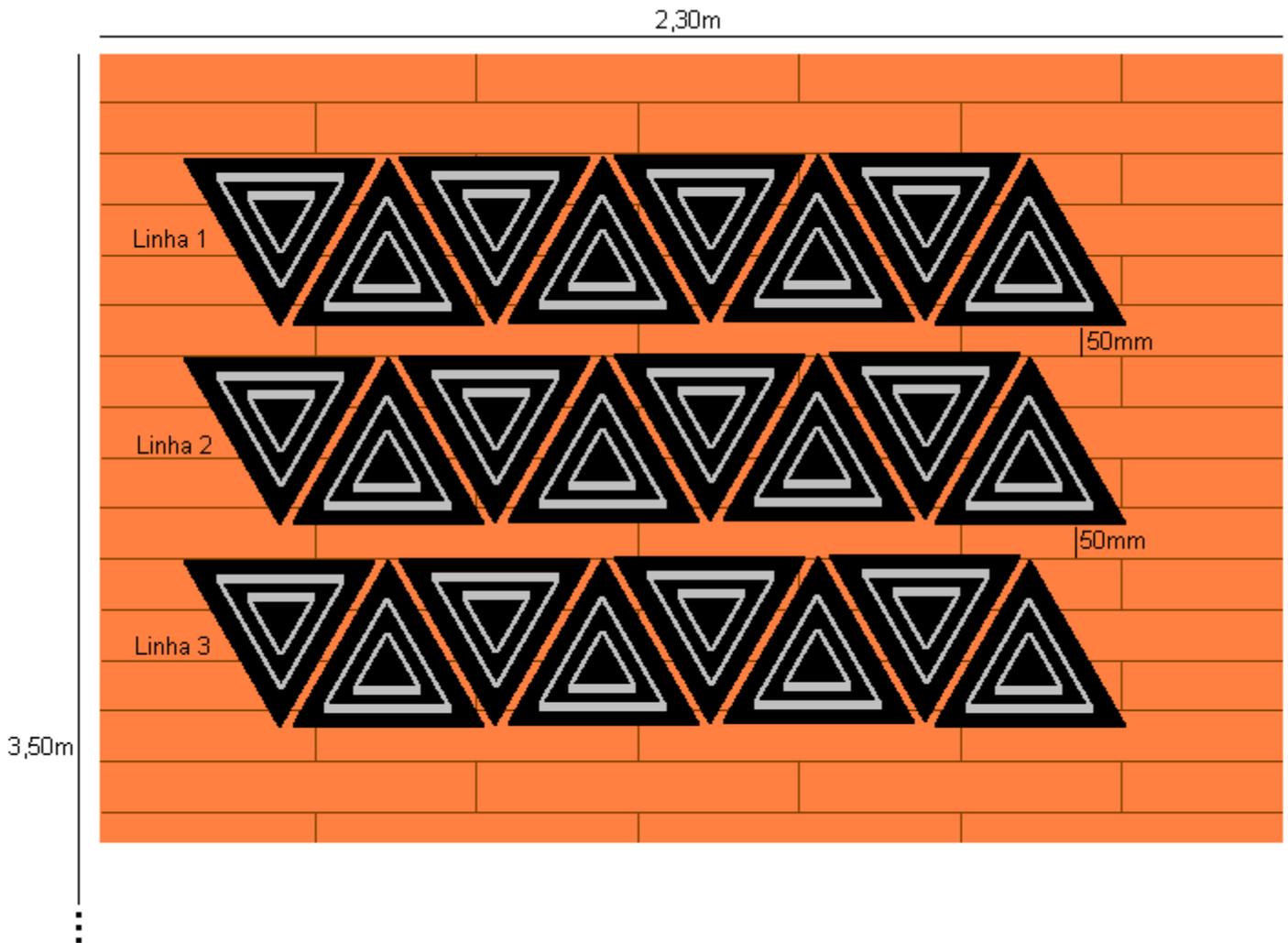


5. *Cabeamento das peças*: foram realizadas duas perfurações em cada peça, sendo uma perfuração no triângulo metálico maior e a outra no menor; em cada orifício, cujo diâmetro mede 2mm, foi soldado um fio condutor, tipo cabo AWG 14 (1,5mm), de 200mm de comprimento. A solda dos fios nos orifícios foi feita com estanho aquecido a 350 graus Celsius;



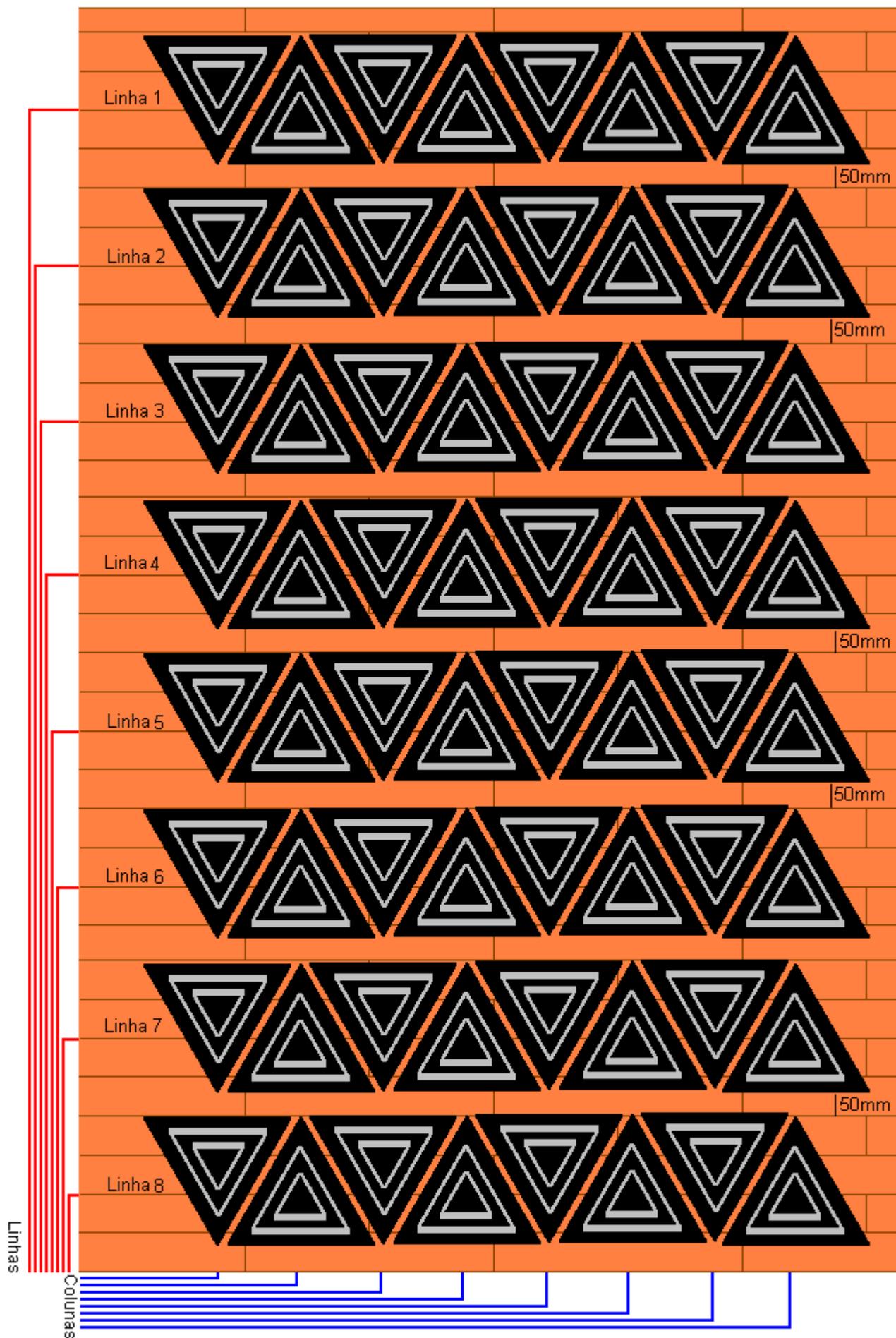
Um esmeril foi utilizado para aperfeiçoar o local onde o fio foi soldado, afim de que não houvessem saliências na peça.

6. *Colagem das peças na base Decorflex*: após a conclusão das 64 peças, foi feita a colagem destas sobre um piso de dimensões 2,3m x 3,50m, cuja espessura fina permite que o tapete acabado possa ser dobrado; para isto foi deixado um vão de 50mm entre as linhas do tapete composta pelas peças.



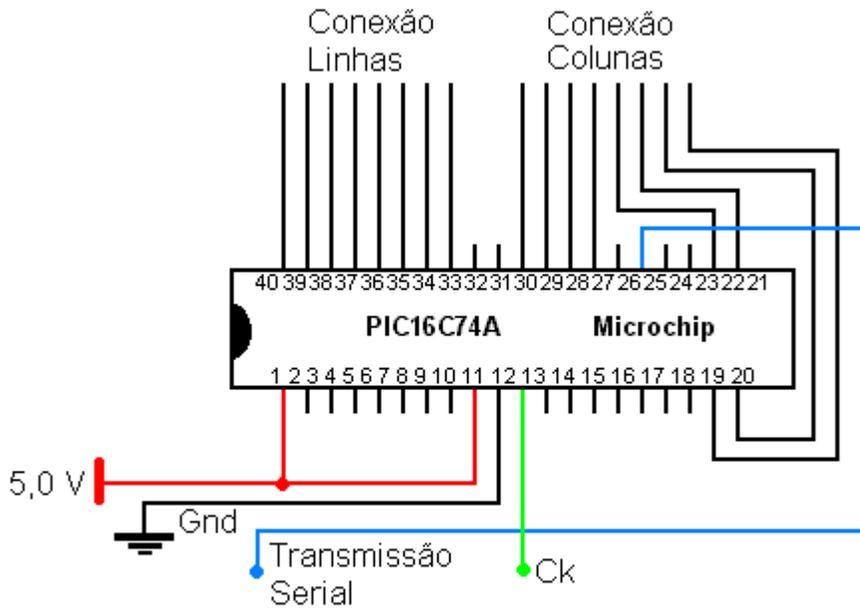
O piso foi perfurado afim de que os dois fios de cada peça passassem por baixo do tapete e as mesmas pudessem ser coladas com cola de contato sobre a base Decorflex; isto conferiu ao piso maior rigidez, tornando-o flexível somente nos lugares em que pode-se dobrá-lo para manuseio e transporte.

7. Conexão das linhas e colunas: os fios de cada peça foram conectados segundo a linha e a coluna a que pertencem.; assim 08 fios extensos foram utilizados para conectar as peças segundo a linha que pertencem. O mesmo aplica-se às colunas.



3.2.5 Circuito de Varredura e Aquisição de Dados

Descrevemos, de forma sucinta, o funcionamento deste circuito:



Este microprocessador está programado para executar a varredura do Tapete, através da conexão das linhas e efetuar a localização dos corpos através da leitura concomitante da conexão das colunas.

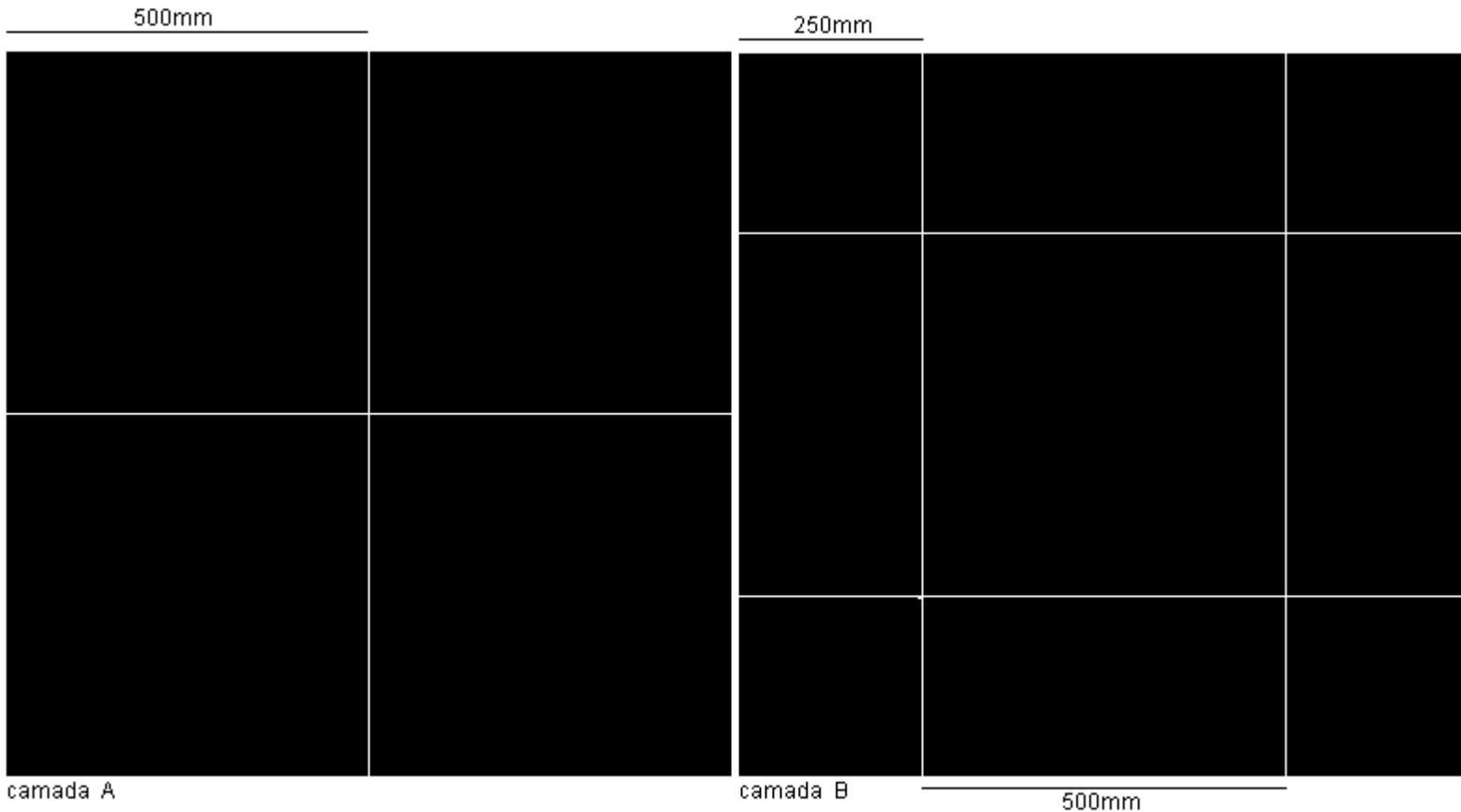
Este circuito é responsável pela interface entre o Tapete e o microcomputador; salientamos que esta etapa encontra-se em fase de emulação, a ser realizada no Centro de Pesquisas Renato Archer, antigo ITI (Instituto de Tecnologia da Informação).

3.3 Tapete com sensores Piezoelétricos

Concomitante a confecção do tapete interativo, construímos o tapete de sensores piezoelétricos, consistindo de um piso de borracha sintética, de duas camadas, cuja área é 1m^2 , para que o mesmo pudesse viabilizar testes de performance interativa, tendo em vista que a emulação do circuito descrito acima não ficaria pronto a tempo de finalizarmos este relatório. Doze sensores permeiam a superfície entre as duas camadas deste tapete, distribuídos de modo a homogeneizar o padrão de sensibilidade sobre sua superfície. Estes sensores, conectados a um equipamento receptor (Alesis DM-4), conduzem os sinais elétricos relativos ao toque e/ou a pressão exercidos sobre o tapete, de modo que estes sinais são convertidos pelo equipamento em pulsos sonoros padronizados mediante a escolha de um conjunto de instrumento percussão disponíveis na memória do DM-4.

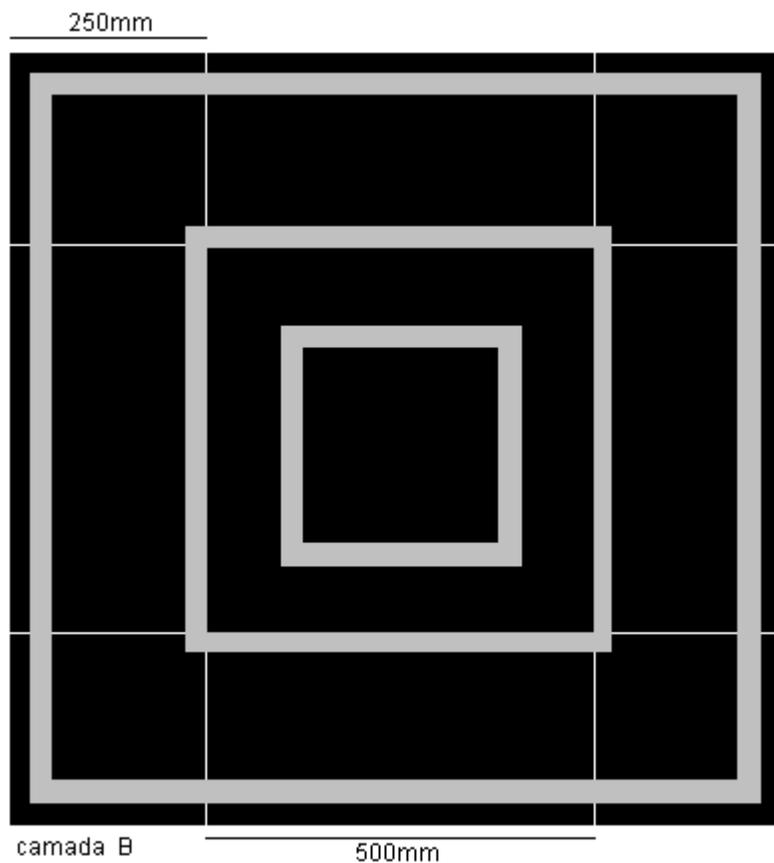
3.3.1 Consecução

Oito placas de piso de borracha sintética, tipo Revest, cor preta, de dimensões $500\text{mm} \times 500\text{mm}$, formaram duas camadas de 1m^2 cada.



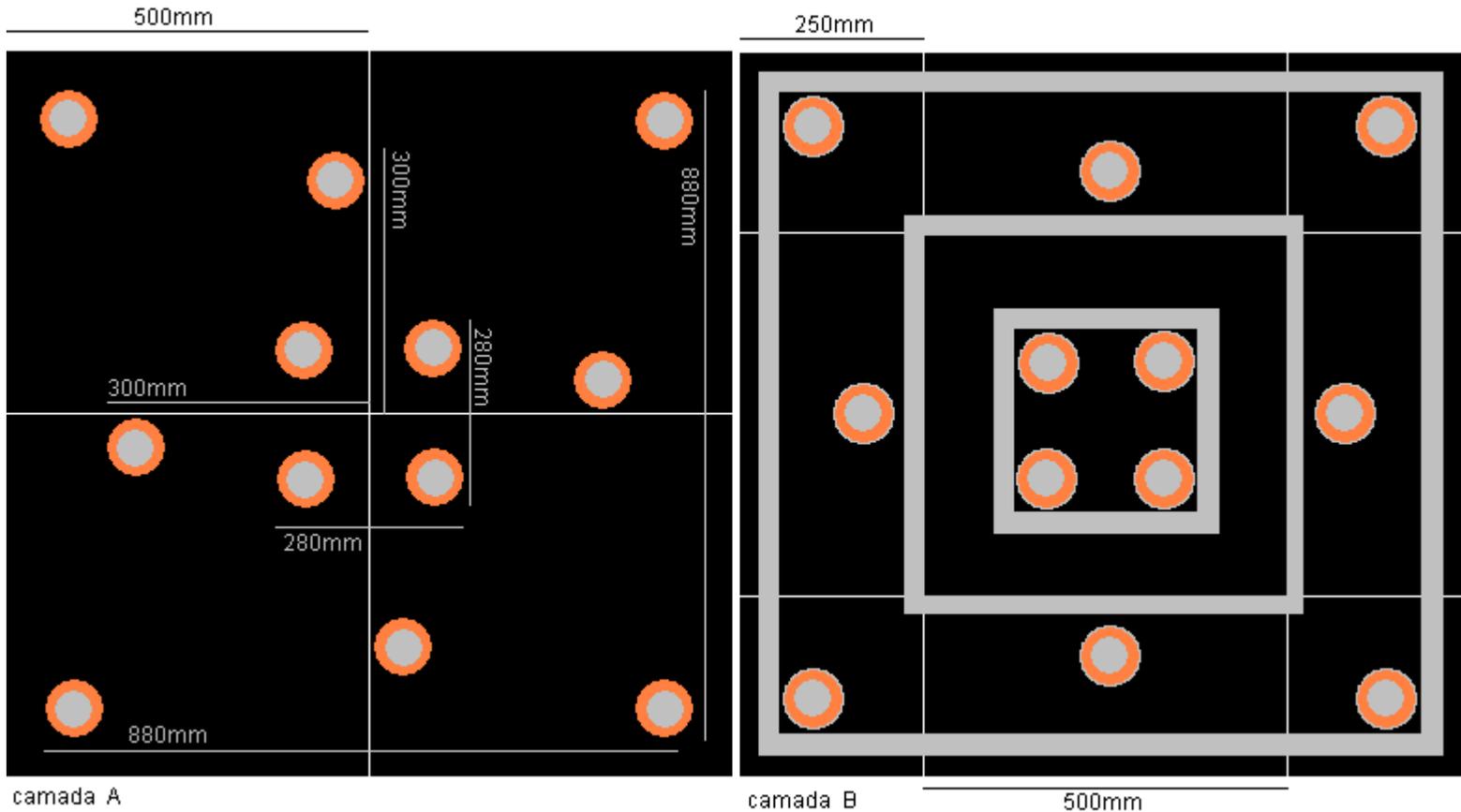
A camada A consiste na justaposição de 4 placas; na camada B, uma placa inteira é emoldurada pelo recorte de três placas.

Três quadrados concêntricos, feitos de tiras metálicas (aço galvanizado) de 30mm de largura, cujos lados medem, respectivamente 950mm, 550mm e 300mm foram colados sobre um dos lados da camada B; isto decorreu da necessidade de se fixar os recortes que emolduram esta camada e, principalmente, torná-la rígida, afim de que o tapete não seja dobrável.

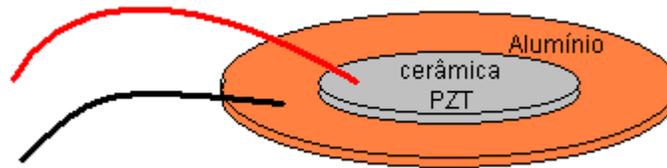


Em um dos lados da **camada A** foram inseridos os sensores piezoelétricos; a maneira como foram dispostos sobre a superfície priorizou:

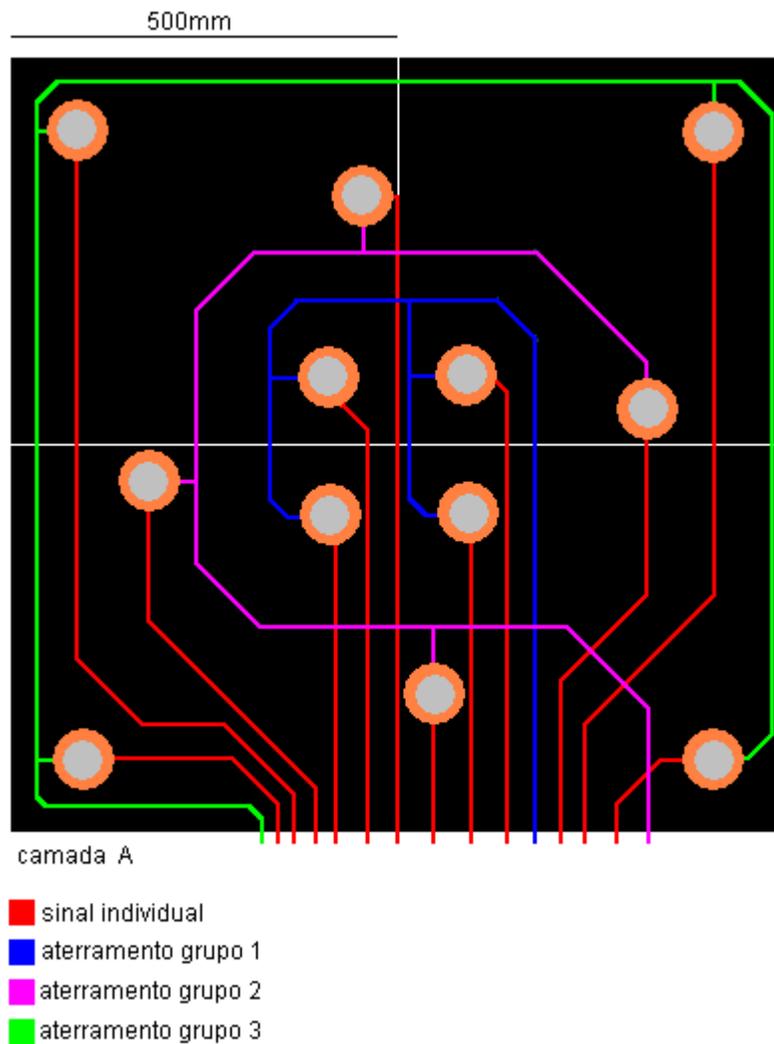
1. distribuição homogênea no padrão de sensibilidade do tapete;
2. o encaixe e a acomodação com a outra camada;
3. localização através dos recortes.



Fixados os sensores, procedeu-se a conexão elétrica: cada sensor possui dois fios flexíveis de 0.3mm de diâmetro. O fio que conduz o sinal ao equipamento (representado na cor vermelha) está conectado na cerâmica PZT do sensor. O outro fio, conectado na base de alumínio, exerce a função de referencial de potencial nulo, o qual denominamos aterramento; quando a cerâmica é pressionada, estabelece-se uma diferença de potencial em relação ao aterramento, propiciando a condução de um sinal elétrico.



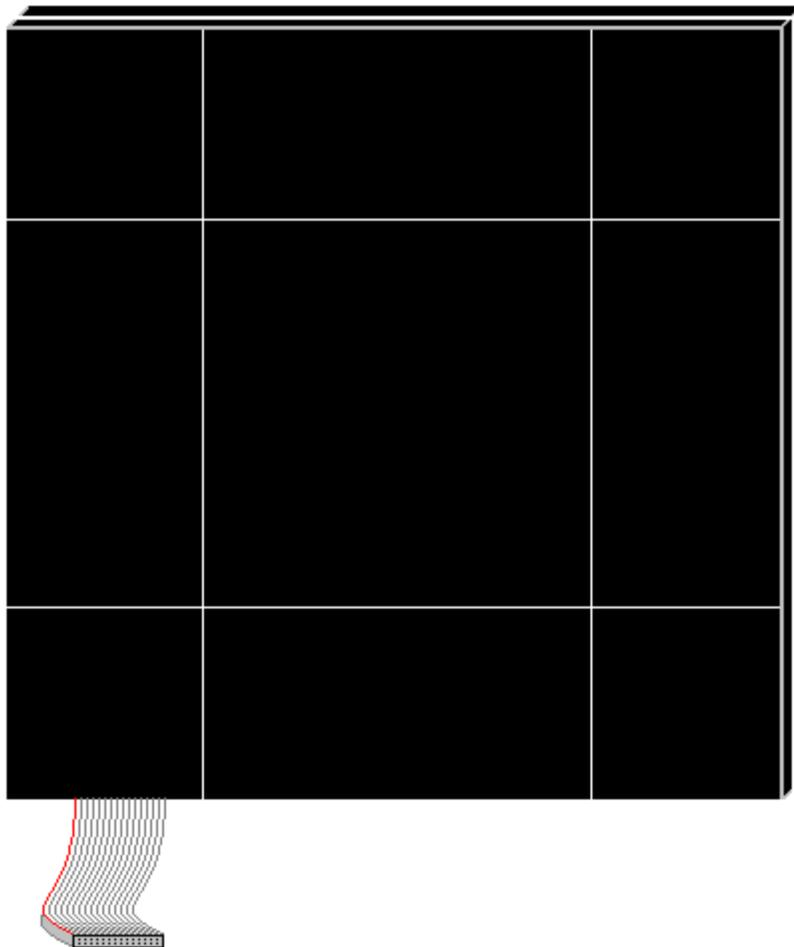
Teoricamente, todos os fios de aterramento dos sensores poderiam ser conectados entre si, uma vez que representam um potencial nulo; mas devido ao efeito de capacitâncias parasitas, agrupamos os aterramentos em três grupos, reduzindo este efeito.



Finalmente, colamos (cola de contato) as superfícies contendo os sensores e a estrutura metálica de ambas as camadas, o qual denominamos tapete piezoelétrico.

Os fios que conduzem o sinal individual de cada sensor e os aterramentos foram conectados a um “flat cable”, cuja extremidade existe um conector 26 vias, tipo fêmea, possibilitando o uso de extensão deste tipo de cabo, além de permitir o manuseio e transporte do tapete.

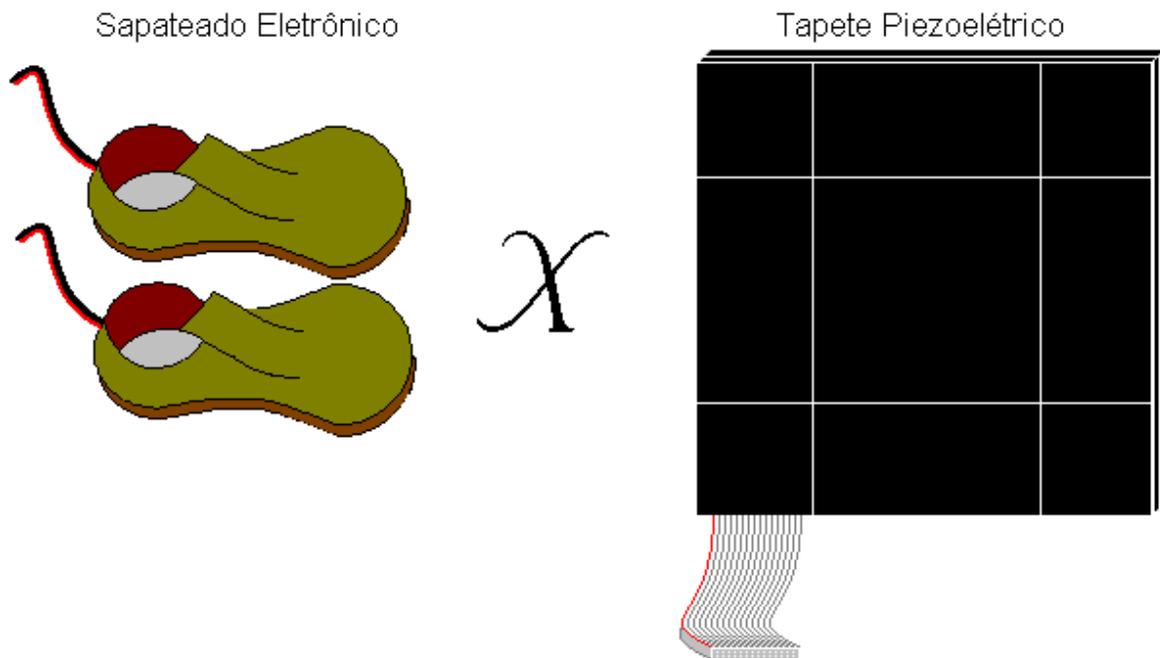
Tapete Piezoelétrico - Aspecto Final



4. Análise de Desempenho Sonoro e Movimento

A interface que apresentamos aqui nesta seção é uma derivação do TapContact ou Sapateado Eletrônico desenvolvido pelo Prof. Dr. Jônatas Manzolli em 1998, como produto do Laboratório de Interfaces Gestuais financiado com recursos da FAPESP (vide www.nics.unicamp.br/atocontato). Uma aplicação imediata do Tapete Piezoelétrico é sua utilização em sapateado eletrônico; sua vantagem consiste na ausência de fios, que limitavam no TapContact os movimentos do dançarino. Sua desvantagem, no entanto, é sua pequena área de atuação (1m²), que restringe a performance a, no máximo, duas pessoas. No entanto, pudemos observar que o sapateado americano (enquanto modalidade de dança), apesar de realizar grandes evoluções no espaço, pode ser reduzido a uma área de atuação pequena, se executado individualmente: o objetivo principal reside criação de um processo de ritmo musical utilizando o sapato. Este Tapete limita a performance espacial, porém amplia o seu potencial sonoro como instrumento de percussão, pode-se associar diversos instrumentos simultâneos (12 em cada conjunto) o que oferece a possibilidade de composição ambientes sonoros, através de um recurso do equipamento Alesis DM-4, que associa o sinal individual de cada sensor a uma nota da escala cromática: *dispõe-se de uma escala ou modo musical como meio de expressão sonora e o corpo como meio de execução.*

A pesquisadora externa do NICS e professora de dança (sapateado), Christiane Matallo que desde 1998 tem trabalhado com o TapContact, realizou uma série de testes com o tapete e teceu comentários técnicos importantes acerca das características do Tapete Piezoelétrico. Segundo ela, é possível realizar efeitos de arraste e trepidação dos pés sobre a superfície do Tapete, provocando resultados sonoros interessantes como texturas dinâmicas criando ambientes sonoros. Tais resultados são novos e não foram conseguidos com o TapContact e deverão ser utilizadas em novas aplicações composicionais. O Tapete também permite manobras e evoluções do corpo antes não conseguidas.



5. Conclusões e Projeções

Embora a interface do Tapete Interativo apresentado na **Seção 3.2.5** não esteja em funcionamento, pudemos aferir uma série de funções similares às utilizadas no Tapete Piezoelétrico: conectando-se os sinais relativos às colunas do Tapete Interativo ao equipamento receptor (Alesis DM-4), conseguimos um resultado em escala macro em relação ao conseguido no Tapete Piezoelétrico. No entanto, salientamos que o Tapete Interativo não foi dimensionado com a finalidade de atender somente ao sapateado, mas outras modalidades de movimento que explorem o envolvimento coletivo, baseado na localização de corpos e na varredura do espaço através da interface eletrônica.

Pudemos também discutir aplicações do Tapete Piezoelétrico em composições interativas, discussão esta que contou com a participação da Prof(a). Joana Lopes, do Departamento de Artes Corporais e Pesquisadora do NICS (vide anexo vídeo).

Tivemos a oportunidade de enriquecer nossos conhecimentos durante o empreendimento; as modificações exigidas no desenvolver do Tapete Interativo mostrou-nos a importância da simulação ante a consecução: as mudanças advieram do método "tentativa e erro". A confecção de 64 peças, em vez de 256, prevaleceu do bom senso: o objetivo de todo o trabalho desenvolvido é a produção de eventos sonoros e/ou luminosos e seu aproveitamento como recurso artístico e

fonte de estudos para compositores e pesquisadores; não havia, portanto, a necessidade de um tapete cuja área fosse comparável a de um palco. A utilização de recursos financeiros foi otimizado com a construção de uma interface de baixo custo. O contato elétrico de dois terminais (triângulos interno e externo), através de um calçado cuja sola seja condutora, não foi a melhor solução técnica adotada, mas foi a solução ótima. Todavia,

- a presença de ruídos advindos do contato elétrico constitui uma desvantagem;
- a montagem dos triângulos metálicos exigiu muito trabalho: das sete etapas da consecução do Tapete Interativo, quatro etapas estiveram relacionadas a confecção artesanal, colagem e cabeamento destes triângulos.

No entanto, dentre outras exigências técnicas e expectativas de custo, foi a solução mais adequada. Quanto aos resultados artísticos, não foi possível mensurar as outras contribuições que o Tapete Interativo oferecerá, uma vez que a interface com o computador ainda não está estabelecida. No entanto, terminada a fase de emulação do circuito, sua plena utilização será subsídio para estudos matemáticos na área de processos estocásticos e estatísticos, para a criação de *softwares* de composição sonora aplicado a evoluções de corpos de dança, desenvolvimentos de jogos interativos, enfim, uma gama de aplicações científico-artísticas podem ser alvos de pesquisas futuras.

O Tapete Piezoelétrico, no entanto, foi concebido com êxito: sua consecução, embora não tenha sido descrita no relatório anterior, resultou do estudo do comportamento físico de sensores, conforme proposto pelo cronograma. Seu desempenho demonstrou a possibilidade de exploração de ambientes sonoros percussivos o que amplia a perspectiva de sua utilização em composições musicais. Impressionou também pela resposta sonora e sensibilidade à percussão, expresso nas palavras da Christiane Matallo: *"o Tapete responde com muita fidelidade cada passo, cada toque que nele executo; faço percussão e improvisação musical com os pés..."*

Tendo em vista que os resultados encontrados mostraram o potencial do Tapete Piezoelétrico e do Tapete Interativo em aplicações musicais, cabe-nos, pleitear, futuramente, junto à Fapesp o desenvolvimento de um processo de patente resultante desta pesquisa.