

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CONTRIBUIÇÃO NA PREVENÇÃO E NO TRATAMENTO DE
ÚLCERAS PLANTARES EM PORTADORES DE DIABETES

Fernando da Silva Bacci
Gilson Shinji Torii

São Paulo
2004

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA
POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CONTRIBUIÇÃO NA PREVENÇÃO E NO TRATAMENTO DE
ÚLCERAS PLANTARES EM PORTADORES DE DIABETES

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia

Fernando da Silva Bacci
Gilson Shinji Torii

Orientador: Raul Gonzalez Lima

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2004

RESUMO

O presente estudo visa posicionar o leitor a respeito de um dos mais graves problemas de saúde do mundo; o diabetes, tornando possível a utilização de um exame de alta flexibilidade e baixo custo, para diagnóstico e análise probabilística de uma das suas complicações de maior impacto. O texto visa descrever a formação de úlceras nos pés diabéticos e apresentar uma metodologia de utilização da *Tela de Harris* que deverá ser aplicada, em um segundo trabalho, para pessoas portadoras de diabetes. O enfoque deste estudo consiste em avaliar o uso da Tela de Harris para realizar exames quantitativos de pressão plantar. Os resultados indicam que pode-se chegar a resultados quantitativos satisfatórios para o diagnóstico e o tratamento prévio deste grave problema.

ABSTRACT

The present study informs the reader about one of the most serious health problems of the world – the diabetes – by the use of a device of high flexibility and low cost, for diagnosis and probabilistic analysis of one of its complications of bigger impact. The text explores the concept of the foot ulcers formation in diabetic feet, presenting a methodology of use of a device called “*Tela de Harris*” that have to be further explored in a second study, focused only in people with diabetes. The approach of this study consists on the evaluation of the use of “*Tela de Harris*” to perform a quantitative plantar pressure test. Results suggest that a quantitative plantar pressure test is feasible and this technique may be useful for diagnosis and treatment of this serious problem.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTIMATIVA NO NÚMERO DE ADULTOS COM DIABETES EM PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO (OMS).....	02
FIGURA 2 - MORTES ATRIBUÍDAS A DIABETES (OMS).....	03
FIGURA 3 - GRÁFICO DE PREVALÊNCIA DO DIABETES MELLITUS (OMS).....	04
FIGURA 4 - ESTUDO REFERENTE À FORMAÇÃO DE ÚLCERAS (MORAG; CAVANAGH, 1999).....	12
FIGURA 5 - OSSOS DOS PÉS.....	14
FIGURA 6 - TRAJETO DAS FORÇAS APLICADAS NA SUPERFÍCIE PLANTAR.....	15
FIGURA 7 - SEQÜÊNCIA DO APOIO DA SUPERFÍCIE PLANTAR DURANTE UM PASSO NA MARCHA.....	15
FIGURA 8 - AVALIAÇÃO DOS PONTOS DE PRESSÃO PLANTAR.....	16
FIGURA 9 - ÁREAS DE ESTUDO DA PESQUISA DE COSTA ET AL. (2001).....	16
FIGURA 10 - VALORES DE PRESSÃO PLANTAR OBTIDOS POR COSTA ET AL. (2001).....	17
FIGURA 11 - (A) E (B) ESTUDOS DE PRESSÃO PLANTAR.....	18
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA PRESSÃO PLANTAR EM PÉS NORMAIS E DIABÉTICOS: (A) TENSÃO PRINCIPAL, (B) TENSÃO PRINCIPAL DE COMPRESSÃO, E (C) TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES.....	18
FIGURA 13 - PREDIÇÕES DA PRESSÃO PLANTAR OBTIDA NO MODELO PROPOSTO EM FUNÇÃO DO RISCO DE ULCERAÇÃO.....	19
FIGURA 14 - EXEMPLO DE F-SCAN.....	20
FIGURA 15 - EXEMPLO DE F-SCAN POR PLATAFORMA.....	21
FIGURA 16 - EXEMPLO DE IMAGEM 3D OBTIDA POR F-SCAN.....	21
FIGURA 17 - SISTEMA F-SCAN MÓVEL.....	22
FIGURA 18 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE F-SCAN EM ANIMAIS.....	22
FIGURA 19 - PALMILHA SENSORIZADA DO SISTEMA F-SCAN.....	23
FIGURA 20 - EXEMPLO DE EXAME PODOTRACK.....	23
FIGURA 21 - TELA DE HARRIS.....	24
FIGURA 22 - DISPOSITIVO PARA A OBTENÇÃO DE PRESSÕES PRÉ-DETERMINADAS.....	25
FIGURA 23 - EXEMPLO DE MEDIDA OBTIDA.....	26
FIGURA 24 - COMPARATIVO DE DOIS EXAMES COM/SEM MUITA TINTA.....	27
FIGURA 25 - ANÁLISE DA ÁREA PREENCHIDA.....	28
FIGURA 26 - REFINAMENTO DO EXAME PLANTIGRÁFICO.....	29
FIGURA 27 - PORCENTAGEM DE ÁREA PREENCHIDA X PRESSÃO PLANTAR (KPa).....	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PADRÕES DE IDENTIFICAÇÃO PARA <i>IMC</i>	30
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

DM	Diabetes mellitus
GDM	Gestacional diabetes mellitus
IMC	Índice de Massa Corpórea
LESF	Lar Escola São Francisco
OMS	Organização Mundial de Saúde
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE ABREVIATURAS

1 INTRODUÇÃO	1
O PANORAMA DO DIABETES	1
2 OBJETIVOS.....	6
3 METODOLOGIA.....	7
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.1 <i>Diabetes Mellitus</i>	7
3.1.2 <i>Pé diabético</i>	10
3.2 O ESTUDO BAROPODOMÉTRICO.....	20
3.3 DEFINIÇÃO DAS FAIXAS DE PRESSÃO.....	25
3.4 COLETA DE DADOS EXPERIMENTAIS.....	29
3.4.1 <i>Adimensionalização das leituras de pressão obtidas</i>	29
3.5 ELABORAÇÃO DE UM PROTOCOLO PARA A PARTE EXPERIMENTAL.....	31
4 RESULTADOS FINAIS	33
5 CONCLUSÕES	35
6 BIBLIOGRAFIA.....	37
APÊNDICE.....	39

1 Introdução

O Panorama do Diabetes

O *diabetes mellitus* (DM), ou diabetes, como é mais conhecido, é uma disfunção causada pela falta de insulina no organismo. Esta pode ter origem na sua insuficiente produção no pâncreas ou por sua ineficiente utilização pelo corpo. Desta maneira, a glicose é impedida de ser absorvida pelas células, elevando sua concentração sanguínea, resultando em diversas complicações, como por exemplo, cegueira e gangrena nos pés. Esta patologia é melhor detalhada no capítulo 3.1.1 deste trabalho.

Hoje, é considerado um dos mais graves problemas de saúde do mundo, sendo que de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), é a 3^a maior causa de morte, superada apenas pelas doenças cardíaco-circulatórias e câncer. Segundo dados de um estudo realizado em 2000, a OMS estima que, no mundo, uma população de cerca de 170 milhões de pessoas tenham diabetes, e que até 2030, este número possa chegar a 370 milhões de pessoas.

Nos países considerados em desenvolvimento, a OMS estima que o número de diabéticos crescerá 150% nos próximos 25 anos. Este crescimento global do diabetes deve-se principalmente à maior expectativa de vida e crescimento da população, além do aumento de tendência de fatores que contribuem para a obesidade, dietas não-saudáveis e estilo de vida sedentário. Foi verificado que nos países considerados desenvolvidos, a maior concentração de portadores de diabetes está acima da idade de aposentadoria, enquanto em países em desenvolvimento, esta população está mais concentrada na faixa entre 35 e 64 anos. Estes dados podem ser vistos no gráfico abaixo.

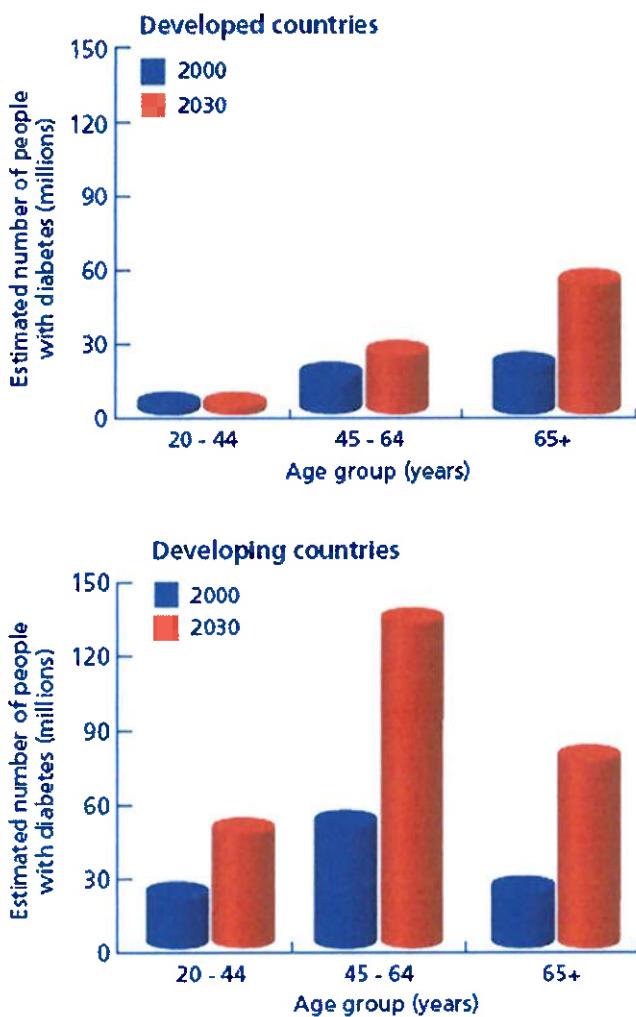
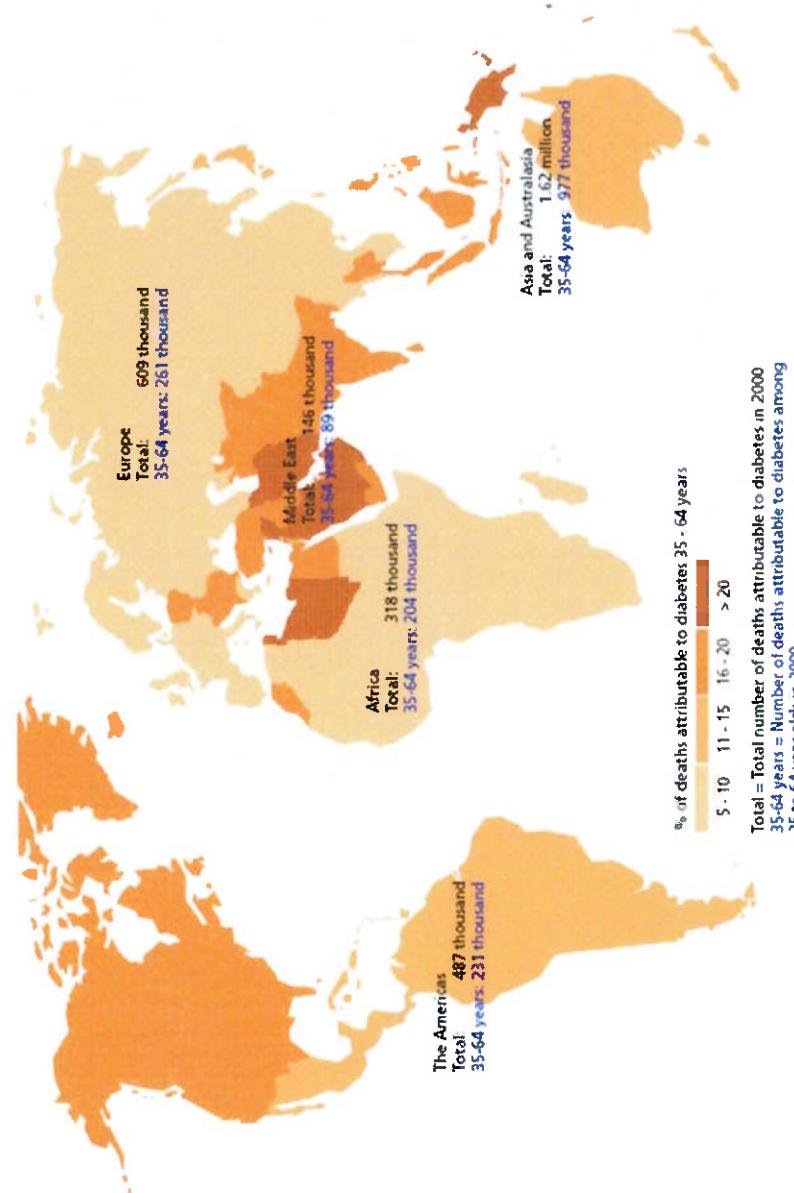


Figura 1 - Estimativa no número de adultos com diabetes em países desenvolvidos e em desenvolvimento (OMS).

Ainda segundo o estudo da OMS, em 2000, aproximadamente 3,2 milhões de pessoas morreram de complicações associadas ao diabetes. Em países com alto índice de prevalência, como os países do Pacífico e do Oriente Médio, chegou-se a valores como 1 em cada 4 mortes atribuídas ao diabetes e suas complicações.

Deaths attributable to diabetes



These estimates are based on relative differences in risk of death between people with diabetes and those without. They include deaths where diabetes would have been the underlying cause of death or would have been mentioned as a contributory condition on the medical certificates of cause of death.

Figura 2 - Mortes atribuídas a diabetes (OMS).

O diabetes tornou-se a maior causa de mortes por doenças prematuras em grande parte dos países, principalmente devido ao aumento do risco de doenças cardiovasculares, diretamente ligada à evolução da doença, responsáveis por 50 a 80% das mortes em pessoas com diabetes.

Como mostrado na figura abaixo (figura 3), atualmente o Brasil ocupa o oitavo lugar no ranking mundial de portadores de diabetes, pertencendo a essa lista, países de alto grau de desenvolvimento como os Estados Unidos e Japão, como também países com grandes problemas estruturais como o Paquistão e a Índia.

Prevalence of diabetes

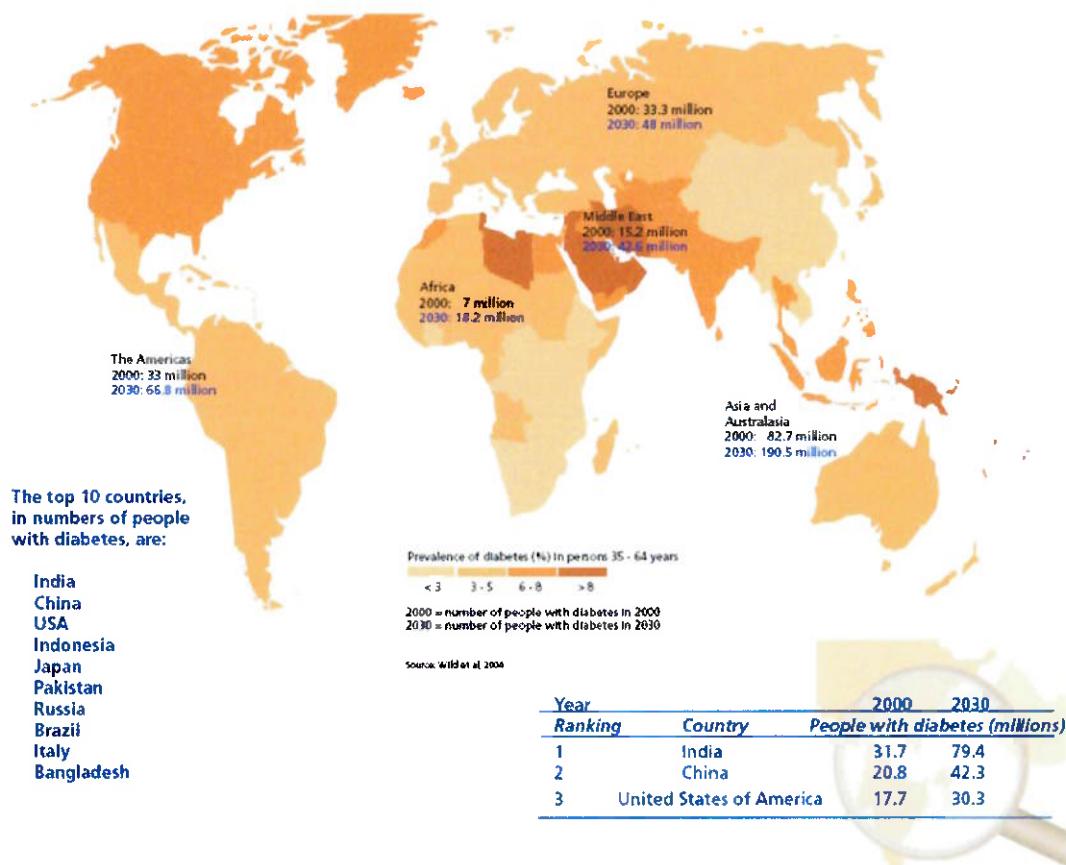


Figura 3 - Gráfico de prevalência do Diabetes Mellitus (OMS).

Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes, a SBD, estima-se que existam, no Brasil, cerca de 12 milhões de indivíduos com diabetes, dos quais metade desconhece o diagnóstico. A prevalência de diabetes (número de casos existentes em relação à população) nos indivíduos entre 30 e 70 anos de idade é de 7,6%, semelhante à prevalência em vários países desenvolvidos.

Segundo dados da SBD e da OMS, o diabetes afeta igualmente homens e mulheres, sendo que o seu risco aumenta com a idade do indivíduo. Devido às suas complicações, é a primeira causa de amputação dos membros inferiores, de cegueira e de insuficiência renal, somando grande parte dos problemas sociais e financeiros causados pelo diabetes. Estatisticamente, é comprovado que o diabetes diminui a expectativa de vida de um adulto em 5 a 10 anos, trazendo sérios prejuízos à qualidade de vida dos indivíduos que não são corretamente diagnosticados e tratados rapidamente.

Em estágios avançados da patologia, uma das principais complicações, é a formação de úlceras nos pés. Para o auxílio no diagnóstico e na prescrição do melhor tratamento são utilizadas técnicas baropodométricas, dentre elas, a análise computacional, através de leitores de pressão com sinal digital; e a utilização de uma tela plantigráfica, que funciona através de impressão por pressão. Estas técnicas serão melhor abordadas neste estudo.

2 Objetivos

Atento à grande importância para a sociedade, o objetivo deste trabalho é a contribuição na prevenção e no tratamento de úlceras plantares em portadores de diabetes. Para tanto, foi obtido o auxílio do Departamento de Fisiatria do Lar Escola São Francisco (LESF), entidade filantrópica, sem fins lucrativos, vinculada a UNIFESP, cuja missão é reabilitar física e psicologicamente os portadores de deficiência física, reintegrando-os a sociedade. Esta entidade possui um grupo voltado especificamente ao auxílio no tratamento dos pés de pessoas portadoras de diabetes, grupo este chamado de “Grupo do Pé”.

Após uma reunião com a Dra. Therezinha Rosane Chamlian, médica responsável pelo Departamento de Fisiatria do LESF, decidiu-se pela realização de um estudo baropodométrico, através da utilização de um equipamento chamado “*Tela de Harris*”; um pedígrafo, que nos fornece a impressão plantar do paciente. Baseado nesta impressão, o objetivo deste estudo é obter uma escala de pressão, que possa ser utilizada para definir o limiar de formação de úlceras plantares em portadores de diabetes. Pretende-se realizar diversos exames plantigráficos, sendo que, para a realização de um estudo com aceitação científica, foi definido que seria necessária a realização de um primeiro estudo, com indivíduos considerados sadios, ou seja, sem diabetes ou outros fatores que poderiam causar desvios experimentais (fatores externos). Este estudo tem o intuito de se obter parâmetros que posteriormente serão comparados com o exame plantigráfico em indivíduos portadores de diabetes, para a determinação de uma escala adimensional, permitindo ao médico prever quais são os pontos mais propícios à formação de úlceras, e a probabilidade deste evento acontecer, prescrevendo o melhor tratamento.

3 Metodologia

3.1 Revisão Bibliográfica

Considerando o caráter multidisciplinar do trabalho, fez-se necessária a realização de uma extensa revisão bibliográfica sobre assuntos relacionados ao diabetes e à baropodometria. Foram consultados artigos, periódicos, publicações e profissionais; médicos e engenheiros, que trabalham com o tema em estudo.

3.1.1 Diabetes Mellitus

O DM é uma doença metabólica caracterizada pela elevação da taxa de glicose no sangue resultante de defeitos na secreção ou ação insulínica ou ambas. A insulina é um hormônio, liberado pelo pâncreas, responsável pela manutenção apropriada dos níveis de açúcar no sangue. É uma doença crônica e é um dos mais importantes problemas de saúde na atualidade tanto pelo número de pessoas afetadas como pelas incapacitações e anos de vida útil perdidos.

Embora o diabetes seja de origem endócrina, suas principais manifestações clínicas são metabólicas, ocasionando, a longo prazo, um comprometimento circulatório (micro e macroangiopatia). Seus principais sinais e sintomas são:

- Poliúria e Nictúria (o paciente urina mais vezes, em mais quantidade e à noite);
- Polidipsia (muita sede decorrente da boca seca);
- Polifagia (aumento do apetite);
- Emagrecimento rápido;

- Fraqueza, astenia (diminuição das forças musculares), letargia (sonolência e apatia) e redução rápida da acuidade visual;
- Hiperglicemia: taxa de açúcar no sangue acima de 110 mg/dl e/ou glicosúria (açúcar na urina).

Temos que frisar que o paciente pode ser assintomático, descobrindo que é diabético ou por complicações ou por exame de rotina onde se detecta a hiperglicemia.

Fatores de risco

- Idade superior a 40 anos;
- História familiar (antecedente diabético);
- Obesidade;
- Presença de doença vascular aterosclerótica antes dos 50 anos;
- Mães de recém-nascidos com mais de 4 kg;
- Uso de medicamentos diabeticogênicos, ou seja, que causam diabetes (corticóide/anticoncepcionais).

Tipos de Diabetes

a) Diabetes Tipo 1

O diabetes tipo 1 aparece como resultado de uma destruição das células beta produtoras de insulina por engano, pois o organismo acha que são corpos estranhos. Isso é chamado de resposta auto-imune. Este tipo de reação também ocorre em outras doenças, como esclerose múltipla, Lúpus e doenças da tireoide. Pessoas com este tipo de diabetes produzem muito pouca ou nenhuma insulina. Para sobreviver, precisam de injeções diárias de insulina.

Os pesquisadores não sabem exatamente por que isso acontece. No diabetes, porém, encontram-se vários fatores que parecem estar ligados ao diabetes tipo

1. Entre eles incluem-se a genética, os auto-anticorpos, os vírus, o leite de vaca e os radicais livres do oxigênio.

b) Diabetes Tipo 2

Sabe-se que o diabetes do tipo 2 possui um fator hereditário maior que no tipo 1. Além disso, há uma grande relação com a obesidade e o sedentarismo. Estima-se que 60% a 90% dos portadores da doença sejam obesos. A incidência é maior após os 40 anos.

Uma de suas peculiaridades é a contínua produção de insulina pelo pâncreas. O problema está na incapacidade de absorção das células musculares e adiposas. Por muitas razões suas células não conseguem metabolizar a glicose suficiente da corrente sanguínea. Esta é uma anomalia chamada de "resistência insulínica".

Este representa o maior grupo de diabéticos. Pessoas com este tipo de diabetes não podem utilizar efetivamente a insulina e possuem sintomas semelhantes, mas se manifestam em menor escala. Algumas pessoas podem até mesmo não terem sintomas e serem diagnosticados anos depois do problema ter sido instalado. Como consequência, quase metade das pessoas que têm diabetes do tipo 2 não estão conscientes que possuem uma condição que lhes ameaça a vida.

O diabetes tipo 2 é cerca de 8 a 10 vezes mais comum que o tipo 1 e pode responder ao tratamento com dieta e exercício físico. Outras vezes vai necessitar de medicamentos orais e, por fim, a combinação destes com a insulina.

c) Diabete Gestacional

O diabetes gestacional, conhecido também como GDM (Gestacional diabetes mellitus), é desenvolvida em alguns casos de gestação e consiste na alteração das taxas de açúcar no sangue que aparece ou é detectada pela primeira vez na gravidez. Pode persistir ou desaparecer depois do parto.

Estudos mostraram que muitas das complicações do diabetes podem ser prevenidas ou adiadas através de um controle eficaz. Incluindo-se um estilo de vida com uma dieta saudável, atividades físicas, evitando excesso de peso, obesidade e tabagismo. O tratamento preventivo não envolve um tratamento ou medicação de altos custos. Educação no bom trato aos pés dos pacientes, assim como regular inspeção são um bom exemplo de métodos de prevenção de baixo custo.

3.1.2 Pé diabético

"Pé Diabético" é a infecção, ulceração e/ou destruição de tecidos profundos associados com anormalidades neurológicas e vários graus de doença vascular periférica no membro inferior.

3.1.2.1 Ulcerações

As úlceras plantares do “pé diabético” são os tipos mais comuns de lesões, resultando em diversas complicações nos membros inferiores. Em estudo realizado por Pedrosa (1998) constatou-se que a ulceração do “pé diabético” freqüentemente leva à infecção e amputação, aumentando consideravelmente a mortalidade e morbidade dos diabéticos, por isso tem se tornado um grande foco de pesquisa, por se tratar de um problema de saúde cada vez mais comum e de abrangência mundial.

A úlcera precede 85% das amputações de membro inferior entre diabéticos, documentando-se a presença de gangrena em 50-70% dos casos, e a presença de infecção em 20-50%, portanto, na maioria das amputações de membro inferior há uma combinação de isquemia e infecção (PEDROSA, 1998).

Cerca de 80-90% das úlceras são precipitadas por trauma extrínseco (em geral sapatos inadequados). Em 70-100% as lesões apresentam sinais evidentes de neuropatia e apenas 10% das úlceras são puramente vasculares (PEDROSA, 1998). O paciente diabético portador de doença vascular periférica tem uma probabilidade de desenvolver gangrena 17 vezes mais que um indivíduo não diabético (GIBBONS et al, 1995).

Os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento das úlcerações são: a neuropatia e a isquemia.

a) Neuropatia

O DM pode afetar o sistema nervoso central, o periférico e o autonômico, causando disfunção dos mesmos - neuropatia diabética. No diabético, os fatores de risco para o aparecimento da neuropatia são o tempo de evolução e exposição à hiperglicemia ou hipoglicemia, alteração dos lipídeos, anormalidades da circulação sanguínea, tabagismo, hipertensão arterial, idade e sexo masculino.

A neuropatia diabética periférica mais comum é a neuropatia simétrica bilateral em "meia ou bota" nos membros inferiores e causa a diminuição da sensibilidade dolorosa e térmica da região. Essa diminuição da sensibilidade é o principal fator no desenvolvimento de úlceras e deformações articulares. O pé com neuropatia é characteristicamente sadio e bem nutrido, tem pelo e mantém boa pulsação arterial na sua extremidade.



Figura 4 - Estudo referente à formação de úlceras (MORAG; CAVANAGH, 1999).

b) Isquemia

A microangiopatia diabética é uma alteração vascular periférica que se caracteriza pela diminuição da circulação sanguínea nos pequenos vasos devido ao seu estreitamento ou obstrução. A isquemia (falta de circulação sanguínea) é geralmente bilateral, multi segmentar e afeta principalmente os vasos abaixo dos joelhos.

O pé com falta de circulação é geralmente frio, seco, atrófico, sem pelos, com unhas secas e quebradiças, mal nutrido e freqüentemente tem rachaduras no tornozelo ou atrás da cabeça do metatarso. Os pulsos periféricos estão diminuídos e/ou ausentes. Pode ter pequenas úlceras secas atróficas e às vezes com pontos de necrose na pele.

A macroangiopatia diabética é a diminuição da circulação sanguínea nos vasos sanguíneos de maior calibre devido à sua obstrução ou estreitamento. O DM é importante fator de risco no desenvolvimento da arteriosclerose, sendo

o risco de complicações vasculares nestes pacientes 2 a 4 vezes maior. A arteriosclerose no diabético é mais precoce e grave acometendo freqüentemente as artérias da perna. A obstrução de um grande vaso da coxa ou da perna pode levar à gangrena e amputações.

Os fatores de risco adicionais para a arteriosclerose são o tabagismo, a dislipidemia (alteração dos níveis de lípides no sangue), obesidade, hipertensão arterial, sexo masculino, vida sedentária e histórico familiar positivo.

A neuropatia e a isquemia fazem com que o diabético esteja mais predisposto à infecção do que outras pessoas devido à má oxigenação dos tecidos decorrente da circulação sanguínea deficiente e diminuição das defesas protetoras. A formação de calosidades que se comportam como corpo estranho, provocam esmagamento do tecido subcutâneo com extravasamento de sangue. Isto forma um meio de cultura que facilita o crescimento de bactérias que irá evoluir para um abcesso. Devido à sensibilidade diminuída, por causa da neuropatia, nem sempre o paciente tem consciência que seu pé está com um abcesso, causando complicações futuras.

A infecção no pé pode invadir facilmente os tecidos vizinhos, atingindo também os ossos, levando à osteomielite, que causa deformações ósseas.

A gangrena pode ocorrer pela falta de circulação, devido à infecção causada pela obstrução dos pequenos vasos digitais. Ela também pode ser devida à falta de circulação sanguínea em um grande vaso da coxa ou da perna, devido à sua obstrução. A gangrena se manifesta inicialmente por palidez, vermelhidão e pela pele afetada que tem um mau cheiro característico.

A hiperhidrose, pele seca e fissurada e alteração do fluxo sanguíneo facilitam a instalação e a manutenção de infecções cuja evolução pode ser a gangrena do pé.

Apesar da neuropatia e a isquemia serem os fatores primários para a formação de úlceras nos pés, o estresse físico ou mecânico que se dá através da alta pressão plantar dos pés é geralmente o que ocorre antes da formação de úlceras, servindo de fator desencadeante do processo. Laing (1998) sugere que a partir de altas pressões plantares nos pés com fluxo sanguíneo normal, porém com perda de sensibilidade protetora às altas pressões sofridas pelo pé, ocorre o desenvolvimento de úlceras neuropáticas.

Independente de como se inicia a formação de úlceras plantares, uma vez o pé estando ferido, faz-se necessária a intervenção especializada a tempo de evitar maiores danos à saúde do paciente. Uma dessas maneiras de se prevenir à formação de úlceras é a de sua detecção em seu estágio inicial, através de análises e avaliações das pressões plantares dos pés de indivíduos diabéticos com suspeita de ulceração, através do prévio diagnóstico de neuropatia e isquemia.

3.1.2.2 Distribuição de pressão plantar

No estudo de Hamill; Knutzen (1999) obteve-se que as forças provenientes do solo aplicadas no pé são geralmente aplicadas na parte lateral do calcânia, correndo lateralmente até o cubóide e, então, transferem-se sobre o segundo metatarso e hálux. Nas figuras a seguir podemos visualizar os ossos do pé e o caminho das forças pela superfície plantar do pé.



Figura 5 - Ossos dos pés.

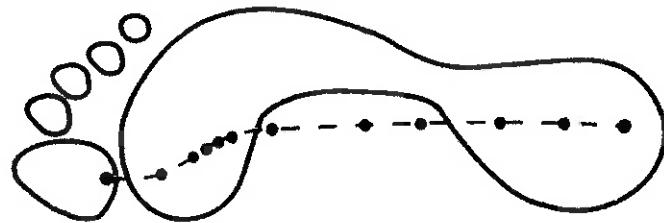


Figura 6 - Trajeto das forças aplicadas na superfície plantar.

A maior parte do tempo de apoio é gasta com o ante pé e o primeiro e segundo metatarsos. Esse padrão de transferência de forças e contato do pé é dependente de diversos fatores e pode variar com a velocidade, tipo do pé e padrões de contato dos pés dos indivíduos. A figura a seguir mostra a seqüência do apoio do pé durante o andar.



Figura 7 - Seqüência do apoio da superfície plantar durante um passo na marcha.

No contato do pé, as forças recebidas do solo chegam a criar uma força vertical de 2,2 vezes o peso corporal. Com a soma das forças musculares, as forças compressivas podem ser de oito até treze vezes o peso corporal na corrida.

Em um estudo realizado por Calsolari et al. (2002) foi constatado que os pontos de maior pressão plantar mais freqüentes foram o hálux e o 1º metatarso, como podemos verificar no gráfico a seguir.

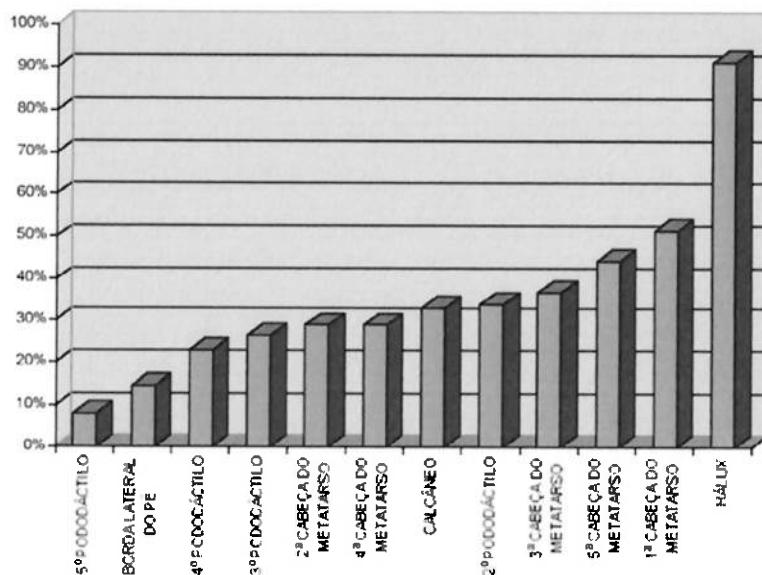
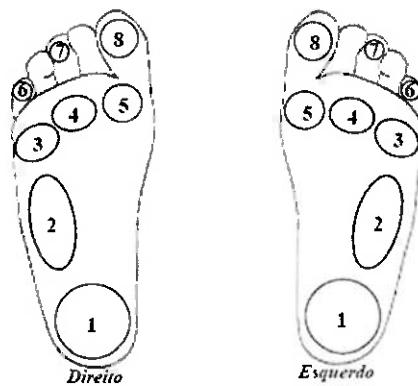


Figura 8 - Avaliação dos pontos de pressão plantar.

No estudo de Costa et al. (2001) buscou-se comprovar a correlação entre a elevada pressão plantar do “pé diabético” com a predisposição da formação de úlceras plantares. Neste estudo conclui-se que existe uma associação entre as áreas de elevadas pressões plantares do “pé diabético” com o grau de risco da ulceração realizado através de exame clínico.

Neste estudo, oito áreas de interesse foram selecionadas para análise da pressão plantar, que podem ser vistas na figura a seguir.



Área 1 = calcâneo Área 2 = meio do pé (*midfoot*). Área 3 = cabeça metatarsica 3; Área 5 = cabeça metatarsica 3; Área 7 = pododáctilos 3; Área 8 = hálux.
Área 6 = pododáctilos 5; Área 4 = cabeça metatarsica 2; Área 1 = calcâneo.

Figura 9 - Áreas de estudo da pesquisa de Costa et al. (2001).

A figura a seguir mostra os valores da média da pressão plantar obtido para cada área de interesse.

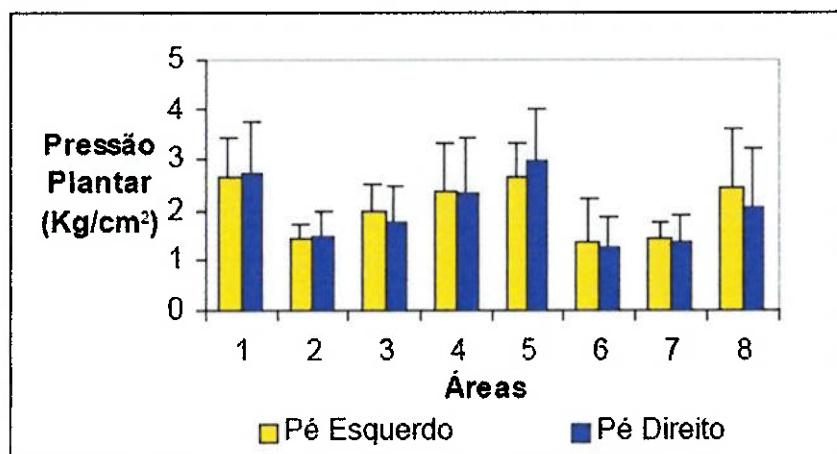


Figura 10 - Valores de pressão plantar obtidos por Costa et al. (2001).

Embora não exista um valor crítico cientificamente comprovado da pressão plantar para identificar os pacientes em risco, existem diversos estudos que consideram elevados os índices de pressão, como por exemplo, Frykberg et al. (1998) que considera uma pressão de 6 kg/cm^2 como elevado índice de pressão plantar em diabéticos.

Observa-se no estudo realizado por Hugues; Rowlands; McMeekin (2000) as magnitudes dos pontos de pressão plantar do primeiro, segundo e terceiro metatarso (Figura 3a), obtidas através do desenvolvimento de um sensor de alta precisão.

No estudo de pressão realizado por Pataky et al. (2000) obteve-se o gráfico comparativo (Figura 3b) entre pés que apresentavam a formação de úlceras e pés não ulcerados, onde também constatou-se que a magnitude das pressões apresentadas nos pés ulcerados eram maiores do que os não ulcerados.

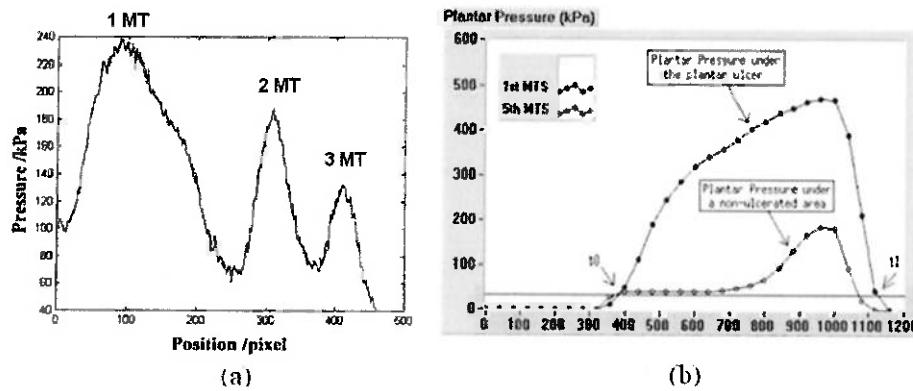


Figura 11 - (a) e (b) Estudos de pressão plantar.

Outro estudo mais recente realizado por Gefen (2003), foi criado um modelo computacional da estrutura do pé na posição ereta, posteriormente, este modelo foi utilizado para analisar a distribuição da pressão plantar, através da técnica dos elementos finitos, sob o primeiro e segundo metatarso de “pés diabéticos” e normais. O resultado deste estudo pode ser visto nas figuras abaixo.

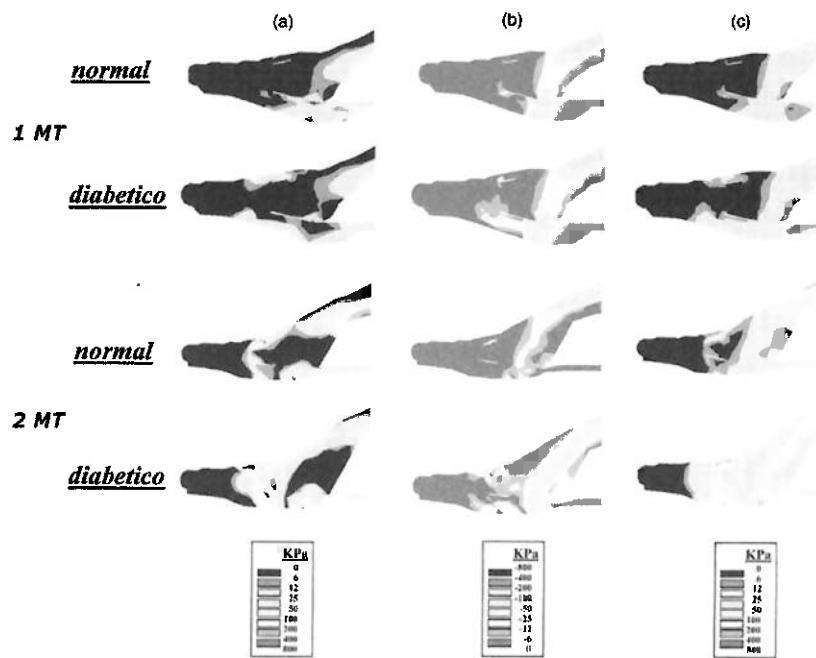


Figura 12 - Distribuição da pressão plantar em pés normais e diabéticos: (a) Tensão principal, (b) Tensão principal de compressão, e (c) Tensão equivalente de von Mises.

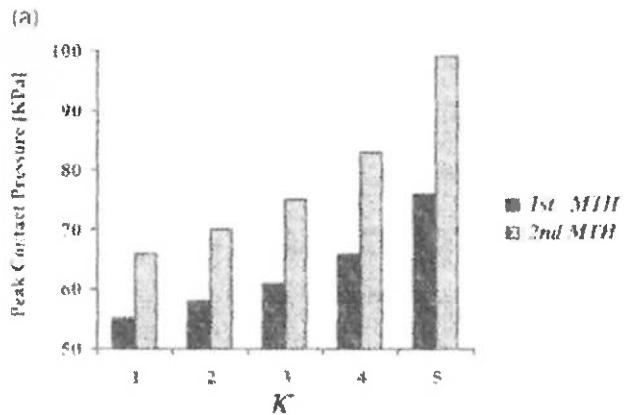


Figura 13 - Predições da pressão plantar obtida no modelo proposto em função do risco de ulceração.

Na figura 12 pode-se observar claramente um aumento da pressão plantar no “pé diabético” em comparação ao normal. Examinando-se a distribuição da tensão principal no modelo de pé diabético próximo aos metatarsos, obteve valores de 90 a 150 kPa, é quatro vezes maior que a tensão máxima sob o primeiro metatarso e oito vezes no segundo metatarso, ambos do modelo normal. Gates (2003) também afirma que existem poucos estudos estáticos sobre a pressão plantar, portanto, fica difícil uma comparação entre pés normais e diabéticos e afirma que se juntarmos todos os estudos a respeito da pressão plantar de pés normais sob os metatarsos, obtem-se uma pressão de 60 a 85 kPa.

Outro ponto relevante, é que regiões que apresentam elevadas pressões plantares podem ser indícios de calosidades, sendo bem conhecido que ao se remover ou reduzir estas calosidades, a pressão plantar local é reduzida. Van Schie et al. (2000) demonstrou a eficiência da injeção de silicone para a distribuição das pressões na região plantar do “pé diabético” que apresentam calosidades ou elevada pressão plantar. Porém, regiões de calosidades podem ser as mesmas onde ocorre a perda de sensibilidade protetora e, portanto, podendo se tornar uma úlcera, sendo cada vez mais importante a realização de um programa de prevenção direcionada e tratamento adequado quando necessário.

Baseado nestes estudos obteve-se os parâmetros a serem considerados nos exames plantigráficos, como por exemplo, o tempo de duração do exame; a utilização do mesmo equipamento de medição de altura e massa; a utilização da mesma tinta em todos os exames; a aplicação de uma nova camada de tinta a cada 20 exames (recomendação do LESF).

3.2 O estudo baropodométrico

Existem diversos equipamentos destinados à medição de pressão plantar, desde os mais simples aos mais sofisticados.

Uma das tecnologias mais avançada, chamada F-Scan, nos fornece uma medição mais precisa e confiável da pressão plantar, pois leva em consideração a medição da pressão plantar em cada instante de tempo durante a locomoção do paciente. Neste instante, as forças na superfície plantar se deslocam (vide seção 3.1.2.2), obtendo, portanto, não apenas uma imagem estática da pressão plantar, mas todo um histórico das forças e pressões atuantes em função do tempo.

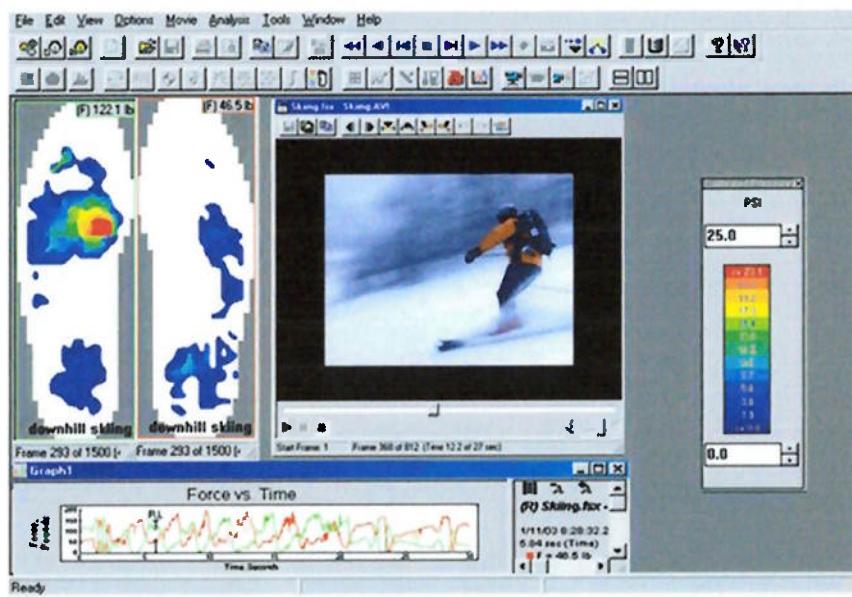


Figura 14 - Exemplo de F-Scan.

O exame consiste na utilização de sensores que transferem as informações referentes à pressão plantar para a tela do computador, já em tempo real. O tipo mais comum do sistema F-Scan consiste em uma plataforma, onde se pode realizar tanto os exames estáticos quanto os dinâmicos, obtendo tanto resultados em 2D como em 3D.

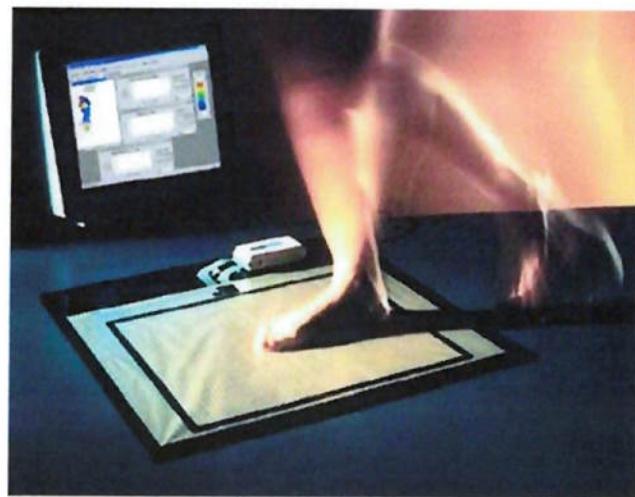


Figura 15 - Exemplo de F-Scan por plataforma.

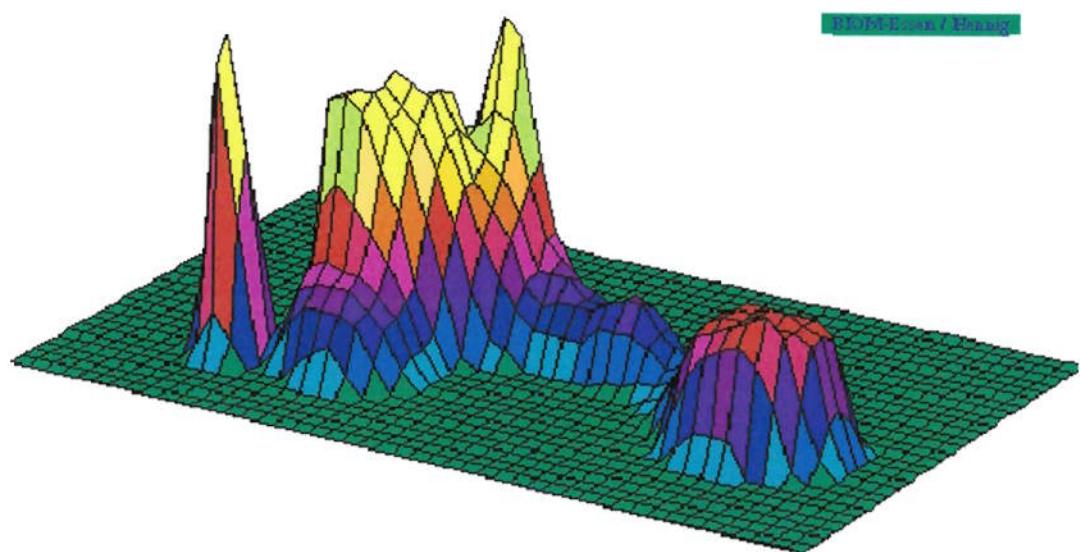


Figura 16 - Exemplo de imagem 3D obtida por F-Scan.

Esses sensores podem ser adaptados em uma palmilha para ser utilizada no próprio calçado, evitando assim a necessidade de se ter diversos cabos ligando o equipamento ao computador. A única desvantagem deste método é que se limita a utilização em bípedes, ao contrário do F-Scan por plataforma que pode ser utilizado em animais.



Figura 17 - Sistema F-Scan móvel.

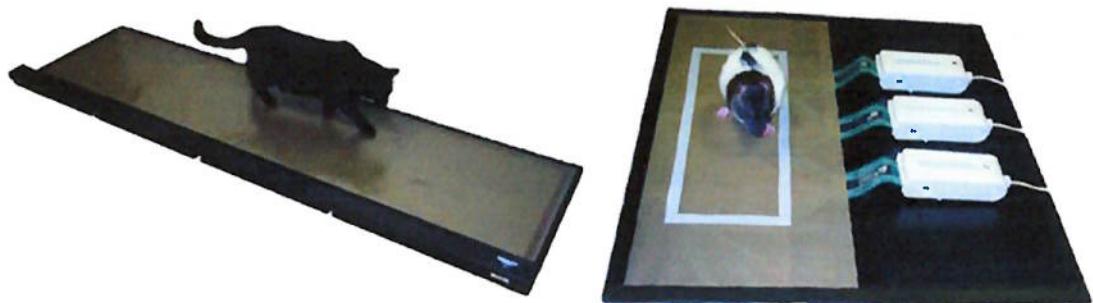


Figura 18 - Exemplo de aplicação de F-Scan em animais.

Por poder ser adaptada em palmilhas, esta tecnologia está bastante difundida no meio esportivo, por poder fazer análises mais precisas das forças realizadas pelo atleta e, a partir disso, propor alternativas de correção.



Figura 19 - Palmilha sensorizada do sistema F-Scan.

Apesar de apresentar ótimos resultados, o exame baropodométrico de F-Scan tem fatores impeditivos. Por se tratar de um equipamento de alta tecnologia, possui um custo elevado restringindo a sua utilização a grandes entidades esportivas, hospitais de grande porte e poucos consultórios, inviabilizando a mobilidade e o seu fácil acesso para toda a população.

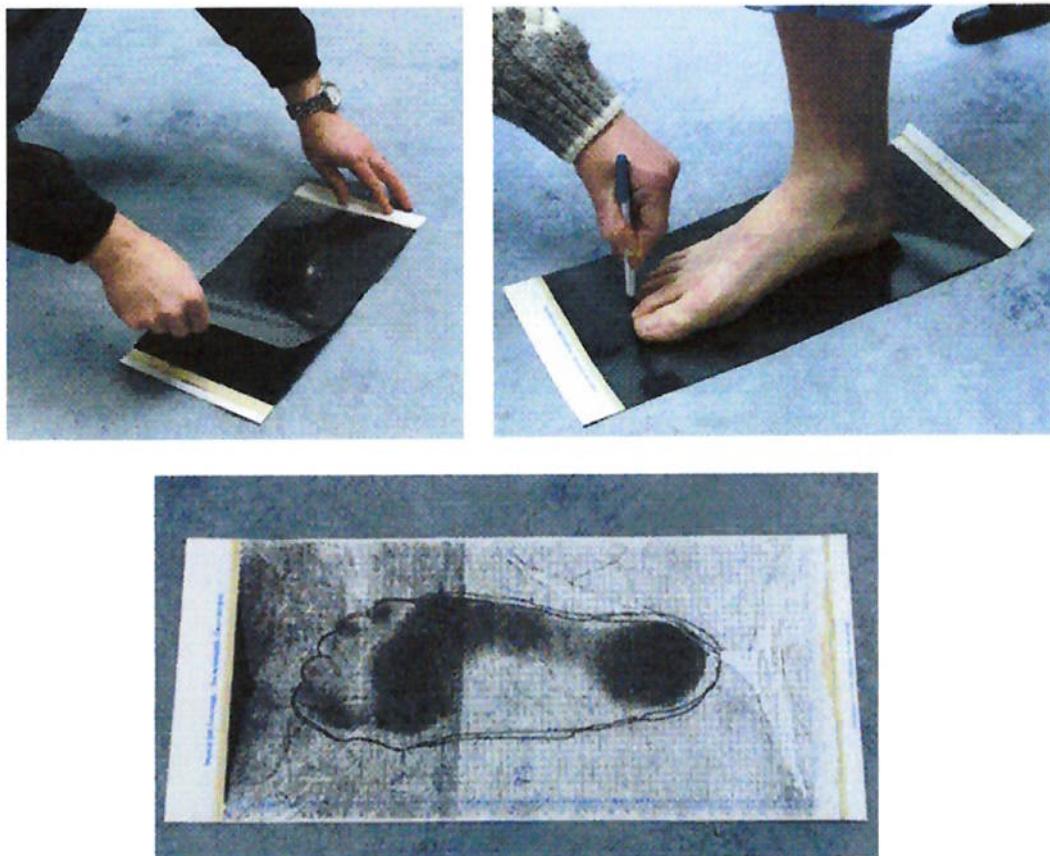


Figura 20 - Exemplo de exame Podotrack.

Outro equipamento utilizado chama-se *Podotrack*, que consiste na utilização de uma tela multicamadas especialmente tratada quimicamente, que nos fornece uma imagem estática da pressão plantar. A pressão plantar pode ser quantificada através da comparação da impressão plantar com uma escala de cinza fornecida junto às telas.

Em um estudo comparativo de Van Schie (1999) foi constatado que o *Podotrack* fornece uma boa identificação (> 90%) das áreas de altas pressões, após o treinamento do observador, se tornando uma ferramenta útil para a identificação das áreas de risco de ulceração em pacientes diabéticos.

O equipamento utilizado neste estudo, chamado de *Tela de Harris* (ver figura a seguir), também nos fornece uma imagem estática da pressão plantar, mas trata-se de um equipamento mais simples, consistindo basicamente de uma almofada de carimbo quadriculada que em conjunto com tinta de carimbo e folhas sulfites comuns nos fornece as imagens da pressão plantar. O objetivo deste trabalho é a obtenção de uma escala quantitativa para este equipamento, que devido as suas características, possui um menor preço em relação aos demais equipamentos analisados, podendo ser utilizado de forma qualitativa e quantitativa em consultórios de pequeno a grande porte.



Figura 21 - *Tela de Harris*.

3.3 Definição das faixas de pressão

As faixas de pressão são determinadas através de valores de pressão, originadas a partir de ensaios realizados para este trabalho. Estes valores formarão a escala a ser utilizada por médicos, de forma que estes possam avaliar a propensão do paciente à formação de úlceras em sua superfície plantar.

No presente estudo, realizado com indivíduos saudáveis, os valores obtidos servirão para comparação com valores futuramente obtidos em um estudo com diabéticos, determinando assim, valores críticos para a identificação da formação de úlceras plantares.

Para a determinação dos valores que definem as faixas de pressão, foi utilizado um dispositivo construído pelos autores, no intuito de avaliar quantitativamente e qualitativamente valores de pressão pré-determinados, bem como a resposta do aparelho a estas. Estes valores de pressão foram obtidos através da medição em uma balança de alta precisão (precisão de 0,01 g) de diversos cilindros de aço confeccionados pelos autores. Com a força peso e o diâmetro dos cilindros pode-se obter a pressão, de forma distribuída, aplicada na *Tela de Harris*. Um esquema ilustrativo deste equipamento pode ser visto abaixo.



Figura 22 - Dispositivo para a obtenção de pressões pré-determinadas.

Conforme dito na revisão bibliográfica, o valor de pressão plantar nos indivíduos apresenta alta variabilidade de estudo a estudo. Foram identificados diversos fatores, incluindo a etnia da população estudada, que podem influir no valor obtido. Podem ser levados em conta ainda, desvios motivados por diferentes técnicas e erros experimentais de observação. Assim, para a calibração do dispositivo, obtendo a resposta do pedígrafo a valores conhecidos de pressão, foram utilizados valores estipulados empiricamente e valores obtidos da literatura. Pode-se verificar abaixo um exemplo de medição obtido pelo equipamento criado pelos autores.



Figura 23 - Exemplo de medição obtida.

Pôde-se notar que com o aumento de carga, dois fatores poderiam ser considerados para efeito de análise; o aumento da tonalidade das linhas e/ou o aumento do preenchimento (concentração de linhas e pontos escuros, ou não brancos) na área estipulada.

a) Critério 1: Aumento da tonalidade das linhas

O aumento de tonalidade é caracterizado pelo espessamento e coloração das linhas e pontos destacados no resultado obtido através do aumento de pressão. Apesar de ser bastante intuitiva a correlação do escurecimento das linhas com o aumento da pressão, como em um carimbo, notou-se que diversos fatores poderiam influir para que este efeito fosse obtido, inviabilizando assim a sua análise e utilização.

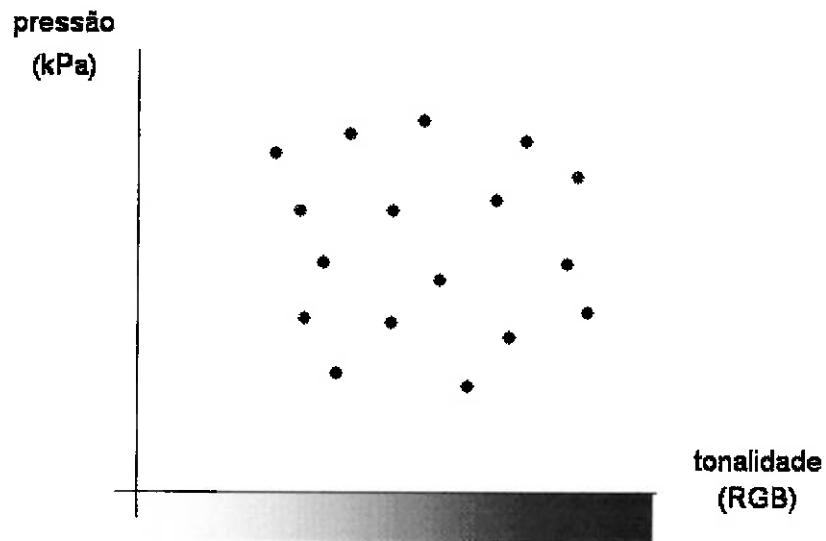


Figura 24 - Gráfico de correlação de área preenchida x tonalidade

Com o intuito de minimização de possíveis erros experimentais, foram estipulados parâmetros no protocolo de análises, como a utilização de 20 leituras de pressão dos pés até a aplicação de uma nova camada de tinta, diminuindo a influência na tonalidade obtida. Este valor escolhido, baseou-se na baixa influência causada pela variação de tonalidade, devido ao número de leituras consecutivas obtidas. Abaixo, um exemplo de falso resultado derivado de um excesso de tinta na *Tela de Harris*.

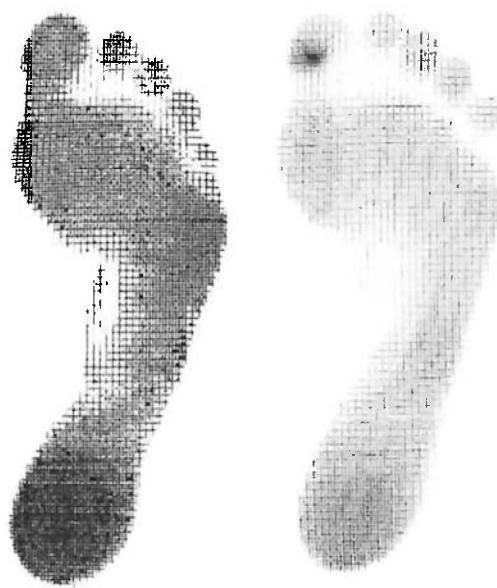


Figura 25 - Comparativo de dois exames com/sem muita tinta.

b) Critério 2: Preenchimento da área analisada

Conforme os exames foram feitos, percebeu-se que um melhor critério que a tonalidade das marcações seria o quanto a área selecionada estava preenchida de tinta. Isto porque a borracha do aparelho apresenta segmentos montados em diferentes níveis, fazendo assim, com que algumas linhas e pontos aparecessem nitidamente somente acima de certos valores de pressão impostos.

Pensando nisto, após digitalização da folha resultado do exame, foi escolhido pelos autores utilizar um software de tratamento e análise de imagens que possibilitasse obter a proporção real de área preenchida por tinta, dada a área selecionada. O software não só analisa a quantidade de área preenchida de uma cor específica, mas também permite ao usuário estabelecer uma faixa de tonalidades a partir de onde é calculada a área preenchida.

Abaixo um exemplo do seqüenciamento de análise de área preenchida, através da utilização do software gráfico.

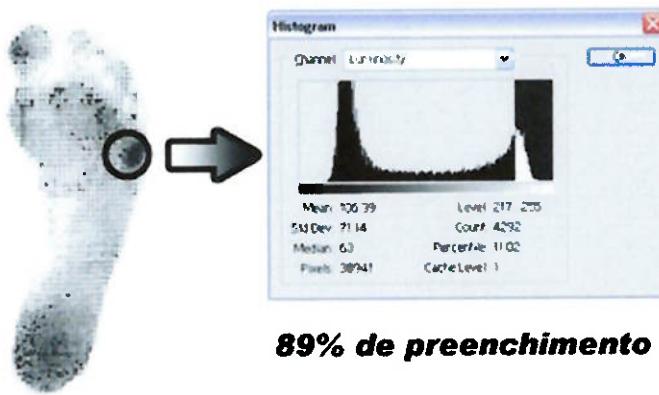


Figura 26 - Análise da área preenchida.

3.4 Coleta de dados experimentais

A coleta de dados foi realizada em uma ampla faixa etária, de 22 a 75 anos de idade, realizada com homens e mulheres (3 homens para cada 2 mulheres), em um total de 68 exames. A média de idade desta população é de 40 anos, 1,66 metros de altura e aproximadamente 68 kg.

As maiores dificuldades para a realização destes exames, estão relacionadas com a obtenção e análise de medidas precisas para a obtenção e aplicação da escala quantitativa. Além disto; um problema foi a limitada disponibilidade do equipamento para os autores, devido à sua intensa utilização pelo LESF, o que fez com que este fosse utilizado apenas durante os fins de semana, quando a instituição está fechada.

3.4.1 Adimensionalização das leituras de pressão obtidas

Esta atividade tem grande importância para que os dados obtidos experimentalmente possam ser utilizados neste estudo. Para tanto, é necessária a equalização das leituras de pressão de acordo com um parâmetro único, não importando as características físicas de cada pessoa. Em outras palavras, visa a diminuição de fatores como a

altura, o peso e a distribuição corpórea do indivíduo na obtenção das escalas de pressão, que servirão de parâmetro para futuras análises.

Pensando nesta necessidade, foram propostos dois modelos a serem desenvolvidos neste estudo.

i. Índice baseado no “Índice de Massa Corpórea (*IMC*)”

Por definição da OMS, o *IMC* é uma ferramenta utilizada para a análise da distribuição do peso pela altura de um indivíduo, identificando sua condição, conforme padrões determinados. É calculado através da fórmula:

$$\text{IMC} = \frac{\text{massa (kg)}}{\text{altura}^2} \quad (1)$$

Ainda de acordo com a Organização, para adultos, pode-se utilizar a seguinte tabela:

Tabela 1 - Padrões de identificação para *IMC*

<i>IMC</i> (adultos)	Condição do peso
Abaixo de 18,5	Abaixo do peso
18,5 – 25	Peso normal
25,0 - 29,9	Acima do peso
Acima de 30	Obeso
Acima de 40	Obesidade mórbida

Fonte: OMS

Utilizando a força peso, e não a massa (sem perdas no raciocínio), na equação 1, chega-se a um índice cuja razão obtida através da leitura de pressão, resulta em um adimensional. Este adimensional considera o peso, a altura e a distribuição de massa corpórea do indivíduo.

ii. Pressão média avaliada pela área da superfície plantar (obtido através do exame)

Outra maneira de se obter um índice adimensionalizado, a partir de leitura de pressão, é considerar a razão desta, com um indicativo do peso pela área plantar do indivíduo, observada no exame plantigráfico. É considerada apenas a região sombreada do exame, fazendo com que além do peso, seja considerada a concentração deste na superfície plantar do indivíduo.

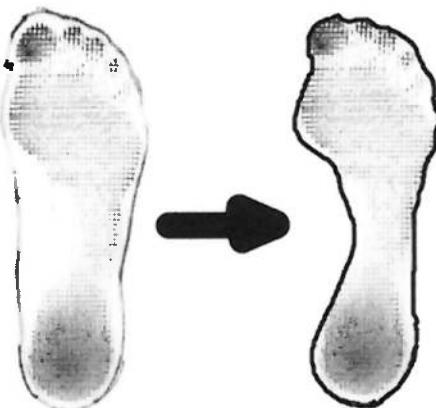


Figura 27 - Refinamento do exame plantigráfico.

Serão utilizados ambos os métodos para avaliação dos resultados, possibilitando a análise de dois estudos diferentes e suas considerações.

3.5 Elaboração de um protocolo para a parte experimental

Para a realização de partes experimentais de trabalho científicos, relacionados à medicina, é necessária a elaboração de um protocolo de análise, bem como sua posterior aprovação por uma comissão de ética definida pela instituição colaboradora, LESF, vinculada à UNIFESP. Neste documento, constam informações sobre a triagem dos pacientes, considerando diversos critérios como a faixa etária, peso e grau evolutivo dos pacientes, além de detalhes sobre os parâmetros do ensaio, como o tempo de aquisição dos dados. Constam ainda, detalhes da infra-estrutura

necessária para a realização do exame, o empréstimo da tela de plantigrafia, e o devido suporte médico para o correto desenvolvimento do trabalho.

Devido à mudança de escopo, supracitada, seria necessária o início de todo o processo de definição e obtenção de um novo protocolo experimental. Isto inviabilizaria o início da coleta de dos dados experimentais, e consequentemente as etapas posteriores, sendo que, por decisão dos autores e dos profissionais envolvidos, ficou decidido que seriam utilizadas as definições previamente estabelecidas, adequando-as às necessidades atuais. De qualquer forma, este novo documento será novamente refeito para a utilização em futuros estudos.

4 Resultados Finais

O objetivo principal do estudo em questão foi atingido. A escala de pressão para indivíduos não portadores de diabetes, baseada nos exames realizados com a *Tela de Harris*, foi obtida de forma satisfatória. Assim, abre-se a possibilidade para a realização de estudos que utilizem à mesma metodologia, desta vez aplicada a indivíduos com diabetes, para avaliação da propensão do paciente à formação de úlceras plantares.

A partir das imagens obtidas utilizando o equipamento criado pelos autores e sua posterior análise em um software gráfico, pode-se obter o gráfico abaixo, com a relação entre a pressão plantar (kPa) e a porcentagem de área preenchida (%).

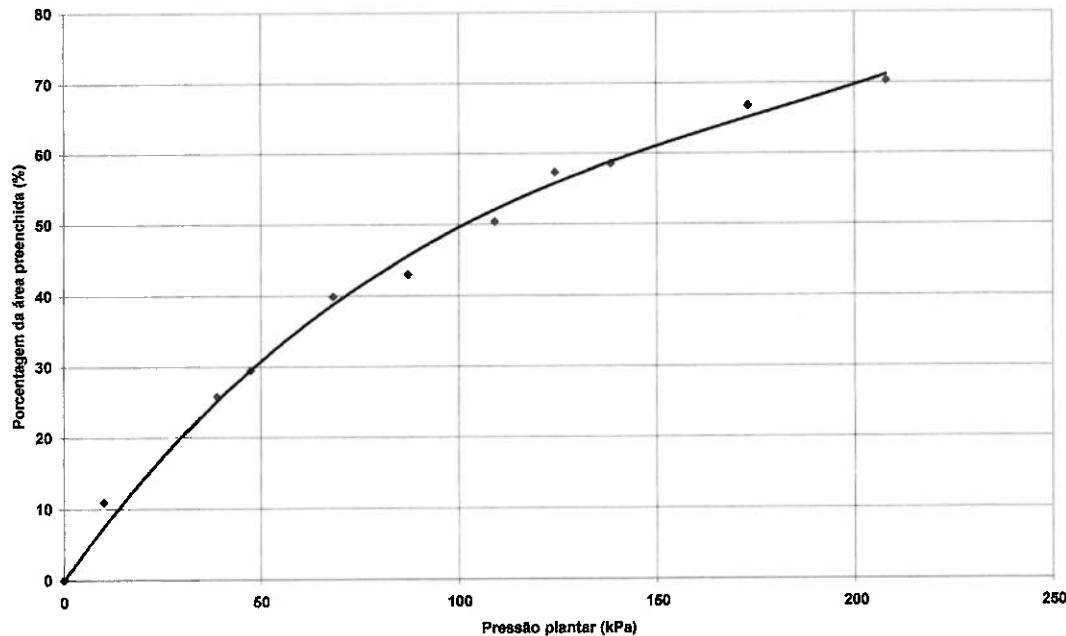


Figura 28 - Porcentagem de área preenchida X Pressão plantar (kPa).

A análise com os indivíduos que realizaram os exames foi feita na região do primeiro metatarso onde, através da literatura e de inspeção visual, pode-se notar que se trata de um ponto com elevado pico de pressão. Apresentando valores que se aproximariam mais dos valores de pressão em indivíduos portadores de diabetes e que apresentam maior chance para a formação de úlceras. Para tanto, através da metodologia escrita neste estudo, pudemos chegar a um valor médio de pressão nesta região, equivalente a 55,64 kPa.

Como mencionado na parte de Metodologia, buscou-se adimensionalizar este valor, para que fossem diminuídas as influências das características pessoais de cada indivíduo que realizou este exame, como altura e peso de cada um. Assim, pelo método do *IMC*, como descrito, chegou-se a um índice adimensionalizado de 231,88. Este valor é uma média de todos os índices que foram obtidos através da parte experimental, na região analisada. Vale notar, que em nenhum dos estudos consultados durante a revisão bibliográfica, foi observada esta preocupação na adimensionalização dos resultados.

Assim, considerando o valor deste índice, e seu desvio padrão, pode-se chegar à conclusão de que valores acima do limite superior especificado tem uma grande chance de apresentar risco de formação de úlceras plantares. Um estudo com portadores de diabetes permitiria ainda que fosse determinada a porcentagem de probabilidade desta ocorrência, refinando ainda mais este estudo.

A avaliação de adimensionalização através do outro método proposto, utilizando a área plantar, foi descartada, neste momento, para que um estudo mais refinado seja feito após a conclusão deste estudo. Deve-se pensar que outras alternativas devem ser avaliadas, como por exemplo, a influência da distribuição do peso do indivíduo em cada pé, já que não necessariamente esta se dá de maneira igual entre os dois pés.

5 Conclusões

Os resultados experimentais indicam que é possível a determinação de uma escala, relacionando densidade de área preenchida com pressão plantar, mesmo se tratando de um equipamento utilizado hoje apenas para uma avaliação qualitativa.

Como em todos os estudos que se baseiam em valores obtidos empiricamente, estes, apresentam uma certa imprecisão, considerando os métodos escolhidos pelos autores para a sua obtenção. Assim, pode-se afirmar que com melhores recursos, como equipamentos devidamente calibrados, aplicando pressões pré-determinadas de maneira uniforme, teriam sido conseguidos valores mais precisos em relação à resposta do equipamento. Esta imprecisão dos valores não afeta o resultado do estudo, uma vez que seu objetivo principal era prover o médico de informação suficiente para a detecção da possível formação de úlceras plantares em seus pacientes. Esta informação, é suficientemente precisa, uma vez que os valores de pressão, condicionados à formação de úlceras, são várias vezes maior que a pressão apresentada por um indivíduo não portador de diabetes.

Conforme já dito anteriormente, a metodologia apresentou-se satisfatória quanto aos resultados obtidos com a *Tela de Harris*. Assim, esta metodologia pode ser extendida para um estudo com portadores de diabetes.

Como proposta destes autores, um segundo estudo poderia ser iniciado dividindo os pacientes em sub-grupos, delimitados por uma escala de risco, considerando o histórico e o diagnóstico do paciente. Isto, porque o diabetes possui diferentes variações e respostas nos portadores, diretamente influenciadas pelo histórico familiar e comportamento do paciente frente à patologia. Neste estudo, poderia ainda ser determinada a probabilidade percentual da formação da úlcera plantar, baseando-se no variação do índice obtido neste primeiro estudo.

Outro ponto que poderia ser agregado à este estudo, é a busca de uma correlação entre a pressão e sua influência na destruição dos tecidos. Pode-se utilizar esta correlação para a obtenção mais precisa da escala de risco proposta, como sugestão abaixo.



Figura 29 - Proposta de escala de avaliação de risco

Outra proposta é um estudo comparativo dos valores obtidos neste estudo com valores obtidos por diferentes outros métodos, como o F-Scan (baropodômetro computacional) e o *Podotrack* para a avaliação de melhorias na metodologia utilizada e refinamento do índice obtido. Vale lembrar que deve-se pesar a portabilidade e disponibilidade do equipamento e da solução, visto que um dos objetivos deste estudo, foi prover uma maneira fácil e de baixo custo ao médico, sendo que este também deve ser um dos requisitos.

6 Bibliografia

- [1] – Calsolari; M.R., Castro; R.F, Maia; R.M. et al. *Retrospective Analysis of Diabetic Feet from Patients Followed in The Diabetes Clinic at Santa Casa of Belo Horizonte, MG.* - Arq Bras Endocrinol Metab – Abr/2002 - Vol. 46, no.2.
- [2] – Costa; T.S., Sandoval; R.C.B., Coral; M.H.C., Marques; C.M.G., Marques; J.L.B., *Análise da pressão plantar de indivíduos diabéticos com risco de ulceração* – Sociedad Cubana de Bioingenieria – 2001.
- [3] – Frykberg; R.G., Lavery; L.A., Pham; H., et al. *Role of neuropathy and high foot pressures in diabetic foot* – Diabetes Care - Ed. 21 – 1998.
- [4] – Gefen; A. *Plantar soft tissue loading under the medial metatarsals in the standing diabetic foot* – Medical Engineerind & Physics – Ed. 25 – 2003.
- [5] – Gibbons; G.W., Pomposelli; F.B., LoGerfo; F.W. *Arterial reconstruction: femoral to popliteal, tibial, peroneal and pedal* - Management of diabetic foot problems habershaw. - Ed. 2a - 1995.
- [6] – Hamill; J., Knutzen; K.M. – *Bases biomecânicas do movimento humano* – Ed. Manole Ltda. – 1999.
- [7] - Hugues; R., Rowlands; H., McMeekin; S. *A laser plantar pressure sensor for the diabetic foot* – Medical Engineering & Physics – Ed. 22 – 2000.
- [8] – Laing; P. *The Development and complications of diabetic foot ulcers* - Am J Surg – Ed. 176 – 1998.
- [9] - Morag; E., Cavanagh; P.R. *Structural and functional predictors of regional peak pressures under the foot during walking* - Journal of Biomechanics - Ed. 32 - 1999.
- [10] - Pataky; Z., Faravel; L, Silva; J., Assal; J., *A new ambulatory foot pressure device for patients with sensory impairment. A system for continuous measurement of plantar pressure and a feed-back alarm* - Journal of Biomechanics – Ed. 33 – 2000.

- [11] - Pedrosa H. *O Desafio do Projeto Salvando o Pé Diabético* - Boletim Médico do Centro B-D de Educação em Diabetes (Terapêutica em Diabetes) - Ano 4 - maio/junho/julho/1998
- [12] – Van Schie, C.H., Whalley, A., Vileikyte, L. et al. *Efficacy of injected liquid silicone in the diabetic foot to reduce risk factors for ulceration: a randomized doubled-blind placebo-controlled trial* – Diabetic Care - Ed. 23 – 2000.
- [13] – Van Schie, C.H.; Abbott, C.A., Vileikyte, L. et al. *A comparative study of the Podotrack, a simple semiquantitative plantar pressure measuring device, and the optical pedobarograph in the assessment of pressures under the diabetic foot* – Diabet Med. – Fev/1999
- [14] - Associação Nacional de Assistência ao Diabético - www.anad.org.br – Data de acesso: 15/4/04.
- [17] - Comitê de Ética em Pesquisa – UNIFESP - <http://www.unifesp.br/reitoria/orgaos/comites/etica/> - Data de acesso: 25/4/04.
- [16] - EMEDIX - http://www.emedix.com.br/artigos/ang011_1f_pediatrico.shtml - Data de acesso: 25/3/04.
- [17] - World Health Organization - www.who.int – Data de acesso: 11/10/04.

Apêndice

Exame	Pé	Idade	Peso (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)	IMC* (Pa)	%	Pressão Plantar (kPa)	AD
1/2	D	55	75.0	1.56	30.82	302.02	26.03	45.41	150.35
	E						26.48	46.29	153.27
3/4	D	21	64.5	1.75	21.06	206.40	22.00	37.67	182.51
	E						23.53	40.57	196.56
5/6	D	23	62.0	1.59	24.52	240.34	29.34	52.02	216.44
	E						34.75	63.41	263.84
7/8	D	25	95.0	1.83	28.37	278.00	19.11	32.30	116.19
	E						22.51	38.63	138.96
9/10	D	51	57.0	1.65	20.94	205.18	22.00	37.67	183.60
	E						32.10	57.74	281.41
11/12	D	19	57.0	1.67	20.44	200.29	17.92	30.13	150.43
	E						16.21	27.06	135.10
13/14	D	56	67.0	1.68	23.74	232.64	22.00	37.67	161.92
	E						23.36	40.24	172.97
15/16	D	26	79.0	1.82	23.85	233.73	31.12	55.68	238.23
	E						27.05	47.42	202.89
17/18	D	28	57.0	1.76	18.40	180.33	40.32	76.02	421.55
	E						30.76	54.94	304.66
19/20	D	51	50.0	1.49	22.52	220.71	27.31	47.94	217.21
	E						32.62	58.83	266.55
21/22	D	25	66.0	1.63	24.84	243.44	28.81	50.95	209.29
	E						27.64	48.59	199.60
23/24	D	22	65.0	1.70	22.49	220.42	39.75	74.68	338.82
	E						45.69	89.27	405.01
25/26	D	25	57.0	1.68	20.20	197.92	14.03	23.22	117.32
	E						14.21	23.53	118.89
27/28	D	55	89.0	1.78	28.09	275.28	33.28	60.24	218.83
	E						18.86	31.84	115.66
29/30	D	75	58.0	1.50	25.78	252.62	33.83	61.42	243.13
	E						19.54	33.09	130.99
31/32	D	60	69.0	1.68	24.45	239.58	36.37	66.97	279.53
	E						72.86	227.43	949.27
33/34	D	53	75.0	1.58	30.04	294.42	31.12	55.68	189.12
	E						23.67	40.83	138.68
35/36	D	49	67.0	1.55	27.89	273.30	28.87	51.07	186.87
	E						32.53	58.64	214.56

Exame	Pé	Idade	Peso (kg)	Altura (m)	IMC (kg/m ²)	IMC* (Pa)	%	Pressão Plantar (kPa)	AD
37/38	D	63	87.0	1.86	25.15	246.44	33.61	60.94	247.28
	E						28.94	51.21	207.80
39/40	D	52	69.0	1.60	26.95	264.14	27.73	48.77	184.64
	E						32.86	59.34	224.65
41/42	D	53	78.0	1.72	26.37	258.38	30.54	54.48	210.85
	E						36.20	66.60	257.76
43/44	D	26	47.5	1.54	20.03	196.28	35.00	63.95	325.81
	E						27.70	48.71	248.16
45/46	D	27	67.0	1.58	26.84	263.02	35.24	48.48	184.32
	E						30.30	54.00	205.31
47/48	D	56	62.0	1.64	23.05	225.91	22.00	37.67	166.75
	E						27.06	47.44	210.00
49/50	D	50	65.0	1.68	23.03	225.69	20.07	34.07	150.96
	E						28.71	50.74	224.82
51/52	D	30	88.0	1.81	26.86	263.24	39.89	75.01	284.95
	E						37.73	70.03	266.03
53/54	D	24	84.0	1.61	32.41	317.58	66.88	164.56	518.17
	E						57.05	122.67	386.26
55/56	D	43	65.0	1.75	21.22	208.00	30.73	54.87	263.80
	E						27.14	47.60	228.85
57/58	D	57	78.0	1.65	28.65	280.77	42.00	80.04	285.07
	E						60.82	136.43	485.91
59/60	D	22	54.5	1.54	22.98	225.21	23.15	39.84	176.90
	E						12.41	20.40	90.58
61/62	D	22	54.0	1.68	19.13	187.50	17.44	29.27	156.11
	E						28.23	49.78	265.49
63/64	D	46	65.0	1.67	23.31	228.41	19.42	32.87	143.91
	E						14.97	24.87	108.89
65/66	D	23	82.0	1.82	24.76	242.60	22.72	39.03	160.88
	E						19.00	32.10	132.31
67/68	D	53	46.0	1.49	20.72	203.05	37.33	69.12	340.40
	E						25.02	43.44	213.93
Média		40.18	67.69	1.66	24.41	239.20	29.79	55.64	231.88
Desvio Padrão		16.15	12.45	0.10	3.48	34.11	11.44	32.20	123.42

