

Monitoramento do Pé Diabético com Suporte Computacional

Marcio Carvalho¹, Leila Silva¹, Karla Rezende²,
Naira Melo², Yuri Lobão², Domingos Mallerbi³

¹Departamento de Ciência da Computação e Estatística

²Departamento de Medicina
Universidade Federal de Sergipe
Campus Universitário "Prof. Aloísio Campos"
CEP 49100-000, São Cristóvão - SE

³Sociedade Brasileira de Diabetes
Rua Afonso Brás, 579, salas 72 / 74 Vila Nova Conceição
CEP 04511-011, São Paulo - SP

{marcio,leila}@ufs.br,

{kfr, nhorta, yurilobao}@infonet.com.br, dmallerbi@terra.com.br

Abstract. *Diabetes Mellitus is a chronic degenerative disease accepted as a world epidemic. One of its complications, the diabetic foot, is responsible for the most part of lower-extremity amputations in general hospitals. The prevention of the diabetic foot is performed by submitting patients for a continuous feet verification, in order to identify ulceration signs, neuropathy and/or ischemia. This paper describes a web system that provides support to medical routines applied in the prevention of the diabetic foot. Results about the system validation are also discussed.*

Resumo. *Diabetes Mellitus é uma doença degenerativa atualmente aceita como uma epidemia mundial. Uma de suas complicações, o pé diabético, é responsável por grande parte das amputações de membros inferiores em hospitais gerais. A prevenção desta doença consiste da verificação contínua dos pés do paciente em busca de sinais de ulceração, neuropatia e/ou isquemia. Este artigo objetiva descrever um sistema Web que provê suporte às rotinas médicas aplicadas na prevenção do pé diabético. São discutidos também resultados da validação do sistema.*

1. Introdução

O Diabetes Mellitus é um dos mais importantes problemas de saúde pública da atualidade, já atingindo proporções epidêmicas. Estima-se que a população mundial afetada é de cerca de 150 milhões. No Brasil, dados de 2001, sumarizados em [15], indicavam a existência de cerca de 5 milhões de pessoas com esta doença, onde metade desconhecia o fato. Em [15] previa-se também um crescimento acentuado da doença nos anos subseqüentes. Estudos mostram que pacientes diabéticos fazem mais consultas, são mais hospitalizados e participam menos do mercado de trabalho. Estima-se que cerca de 3 a 4% dos pacientes com diabetes utilizam 12 a 15% dos recursos dos sistemas de saúde [15].

O *pé diabético* é uma das mais sérias complicações do Diabetes Mellitus, caracterizando-se pela presença de ulcerações ou pela perda de parte do pé devido a amputações. Estatísticas mostram que cerca de 40 a 70% de todas as amputações não-traumáticas de membros inferiores (em algumas regiões, 70 a 90%) estão relacionadas ao pé diabético. Nos Estados Unidos, os custos das amputações decorrentes do pé diabético totalizam 4 bilhões de dólares por ano. Na Inglaterra, este valor é de cerca de 1,2 bilhão de dólares, e no Brasil, estima-se um custo anual de 390 milhões de reais. Entretanto, este último dado não é preciso, pois nem todos os casos são notificados ao Ministério da Saúde como sendo provenientes do pé diabético [15].

As úlceras nos pés de pacientes diabéticos precedem as amputações em cerca de 85% dos casos. Em 90% dos casos, estas úlceras são causadas pela perda de sensibilidade na extremidade dos membros inferiores, denominada *neuropatia periférica*. Dessa forma, o grande desafio para a redução de amputações, e portanto, para a redução dos custos com o tratamento da doença, bem como para a melhoria da qualidade de vida do paciente diabético, é a prevenção à formação de úlceras [2].

Apesar de este ser um problema crônico, estudos afirmam que uma estratégia que inclua prevenção, educação dos pacientes e dos profissionais de saúde, tratamento multidisciplinar das úlceras nos pés e uma rígida monitoração, pode reduzir de 49 a 85% as taxas de amputações em pacientes diabéticos. A estratégia atualmente seguida em diversos países é a sugerida pelo Consenso Internacional do Pé Diabético [10]. Esta consiste basicamente da inspeção regular aos pés e calçados dos pacientes diabéticos, do tratamento preventivo para os pés de pacientes em risco de ulceração, do diagnóstico precoce da neuropatia periférica e da isquemia (problemas de vascularização), do acompanhamento contínuo de pacientes com histórico de úlceras e do registro da ocorrência de amputações e ulcerações.

Este trabalho insere-se neste contexto, sendo parte das atividades do projeto Salvando o Pé Diabético do Ministério da Saúde [16], o qual segue as diretrizes definidas em [15]. O objetivo geral é desenvolver um sistema *Web* para auxiliar o monitoramento do pé diabético, sendo portanto, uma ferramenta de apoio na área de saúde pública. Basicamente o sistema coleta os dados dos pacientes a cada visita ao posto de saúde, gera diagnósticos automáticos de enquadramento dos pacientes e correlaciona vários dados visando subsidiar a investigação científica na área, bem como a avaliação do impacto da metodologia de prevenção na população assistida. Alguns resultados preliminares deste trabalho estão sumarizados em [3, 19]. Em [3], é apresentada uma proposta inicial para o sistema e em [19], o suporte automático ao monitoramento é discutido dentro do âmbito das práticas médicas do programa de prevenção. Este artigo visa detalhar o sistema proposto, bem como discutir

resultados da validação, aspectos da implantação e impactos sociais e econômicos esperados.

Embora os autores desconheçam outros sistemas similares ao aqui descrito, vale ressaltar que trabalhos sobre o Diabetes Mellitus são encontrados na literatura. Por exemplo, o sistema de suporte à decisão *InfoWard Surveyor* [9] sugere a conduta de tratamento baseado em dados coletados através de questionários, via uma interface simples e amigável. O sistema *Home Monitoring Module* [5] utiliza o aparelho telefônico *VISTA 350* para coletar dados dos pacientes diabéticos e enviá-los a uma base de dados centralizada para posterior análise. O projeto *T-IDD* [13] utiliza o raciocínio baseado em casos para avaliar a situação do diabético. O sistema alemão *DPV* [6] visa gerenciar a documentação dos pacientes diabéticos. O sistema *DiasNet* [17], baseado no *Dias* [7], propõe-se a educar e aconselhar o paciente sobre dosagem de insulina.

Este artigo está organizado como descrito a seguir. Na Seção 2, apresentamos a metodologia adotada na prevenção do pé diabético. O formalismo utilizado na geração automática do diagnóstico é apresentado na Seção 3. Na Seção 4, descrevemos brevemente a metodologia empregada no desenvolvimento do projeto. O desenvolvimento do sistema, assim como resultados da validação e aspectos da implantação estão apresentados na Seção 5. Impactos econômicos e sociais esperados são discutidos na Seção 6. Finalmente, na Seção 7, tecemos algumas considerações finais e direções de trabalhos futuros.

2. A Metodologia de Prevenção

A prevenção do Diabetes Mellitus inclui o acompanhamento médico regular e a conscientização e apoio dos familiares. O objetivo principal da prevenção é a detecção precoce do risco de ulceração, já que em geral as úlceras precedem a amputação. Este acompanhamento se dá através de visitas sucessivas do paciente ao posto de atendimento, onde ocorre a inspeção dos pés e a coleta de exames. A cada visita, novas anamneses são realizadas. A anamnese consiste no preenchimento de questionários que visam avaliar o estado de saúde do paciente assistido entre duas visitas consecutivas.

A metodologia de prevenção proposta pelo Consenso Internacional do Pé Diabético, e implementada neste projeto, prevê procedimentos de atendimento simples e padronizados. Assim, tanto enfermeiros e agentes de saúde treinados como médicos podem executá-la. Desta forma, facilita-se a abrangência do programa preventivo e como consequência, proporciona-se a diminuição do número de internações causadas por pés em risco de amputação.

O procedimento realizado pelos atendentes consiste da coleta dos dados pessoais do paciente, quando da primeira visita, e posterior preenchimento de questionários de sintomas e sinais. Após a análise desses questionários, é feita uma classificação da situação dos pés do paciente. Baseado na classificação obtida, monta-se o laudo técnico, o qual inclui informações relevantes do questionário, a classificação obtida e a conduta de acompanhamento sugerida.

O questionário é composto de quatro partes: *dados gerais*, *sintomas*, *sinais* e *limiar de proteção*. Somente os dados das três últimas partes influenciam diretamente na classificação da situação do pé do paciente e na consequente determinação do laudo técnico.

Na primeira parte, o profissional de saúde coleta dados clínicos de caráter geral relativos ao paciente, como por exemplo, alcoolismo e taxas de glicemia. Na parte de sintomas, são coletadas as queixas dos pacientes, as quais evidenciam o risco de ulcerações ou demais complicações relevantes ao tratamento do pé diabético. Ao todo, são verificados seis sintomas. Neste trabalho, por razões didáticas, usamos números para nos referir a sintomas e sinais. Por exemplo, o sintoma de número 3 é dor ao contato com o lençol e o de número 5 é ferida nos pés. Na parte de sinais, coletados através da inspeção dos pés do paciente, são verificados 22 sinais. Por exemplo, os sinais de número 7 e 18 correspondem, respectivamente, à presença de bolhas e ao tipo de deformidade. Finalmente, o limiar de proteção, também conhecido como teste do monofilamento, é determinado através da inspeção da planta dos pés do paciente. Este exame consiste da inspeção de doze pontos específicos, seis na planta de cada pé, através da utilização de um filamento de *nylon*, visando determinar a presença ou ausência de sensibilidade tátil, o que indica risco de ulceração. Basta que apenas um dos pontos esteja insensível para que o resultado do exame seja positivo. A Figura 1 ilustra a realização do exame do limiar de proteção. Em (A) tem-se os doze pontos (círculos) verificados no teste de sensibilidade e em (B e C) é ilustrada a aplicação do monofilamento de *nylon* no pé do paciente.

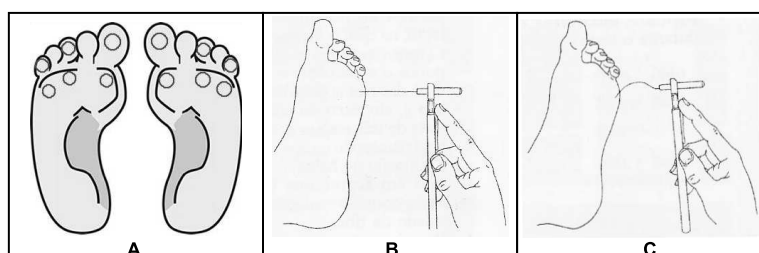


Figura 1: Teste do monofilamento.

Após o preenchimento do questionário, aplica-se um conjunto de regras sobre os dados coletados visando determinar a classificação da situação dos pés do paciente. O sistema de regras adotado neste projeto é simples, pela própria natureza do processo de prevenção, o qual objetiva apenas uma triagem dos pacientes quanto ao grau de risco do pé diabético. Condutas de acompanhamento preventivas são estabelecidas após esta classificação. No entanto, casos graves que exijam tratamentos específicos à base de medicamentos requerem a avaliação do médico endocrinologista. A Figura 2 sumariza o sistema de regras adotado, o qual segue as indicações do Consenso Internacional sobre o Pé Diabético.

Na Figura 2, os valores associados às setas referem-se à numeração empregada para rotular os sintomas e os sinais. O símbolo + é usado para denotar o resultado positivo do teste do monofilamento. O símbolo – indica a ausência de sintomas ou sinais, ou o resultado negativo do teste do monofilamento. Os losangos representam os possíveis diagnósticos do pé diabético, a saber, Provável Neuropatia Diabética (N1), Pé Neuropático (N2), Provável Vasculopatia Periférica (V1), Pé Isquêmico ou Vasculopatia Periférica Confirmada (V2), Micose no Pé Diabético (M), Pé em Risco de Amputação (PR), Pé com Hiperceratose (PH) e Pé Normal (PN).

Deve-se salientar, no entanto, que é possível a existência de mais de um destes diagnósticos simultaneamente, à exceção daqueles auto-excludentes, como (N1) e (N2), e também (V1) e (V2), por designarem diferentes intensidades da mesma conclusão. Assim,

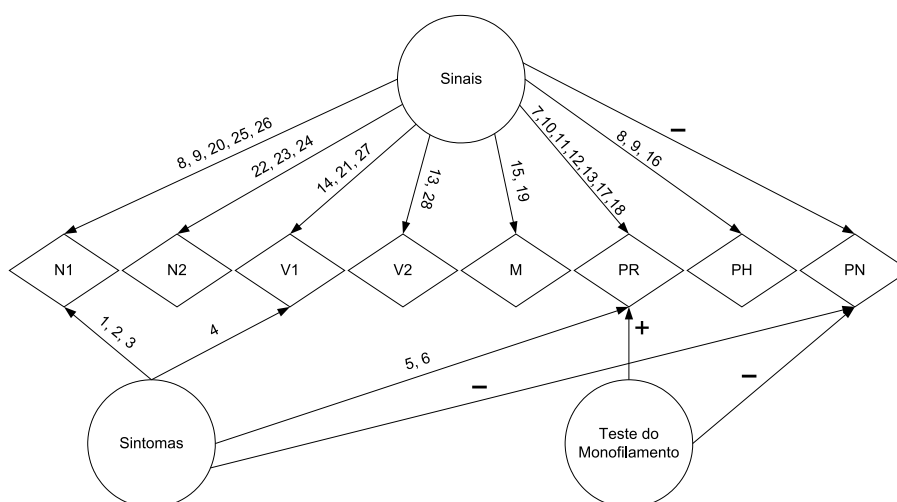


Figura 2: Sistema de regras para a classificação do questionário.

se o paciente apresentar pelo menos um dos sinais dentre 8, 9, 20, 25 e 26, ou pelo menos um dos sintomas dentre 1, 2 e 3, será enquadrado como tendo Provável Neuropatia Diabética (N1). Caso também os sinais 15 e/ou 19 sejam positivos, a classificação final incluirá ainda Micose no Pé Diabético (M). Caso não haja nenhuma anormalidade, o paciente será enquadrado como Pé Normal (PN).

Depois de realizada a classificação da situação dos pés do paciente, adota-se a conduta de acompanhamento associada a cada caso. As condutas compreendem desde procedimentos simples, que podem ser realizados sem a presença do médico especialista, até procedimentos médicos especializados. As condutas simples incluem, por exemplo, a orientação sobre o tipo de calçado, alimentação e atividade física, enquanto que as especializadas envolvem prescrição de medicamentos. Assim, a conduta de Micose no Pé Diabético (M), por ser simples, pode ser realizada por enfermeiros, enquanto que pacientes com Pé em Risco de Amputação (PR) devem ser encaminhados para centros especializados. Os dados coletados a cada visita, bem como o laudo conclusivo são então armazenados para subsidiar o acompanhamento do paciente. No programa preventivo padrão este armazenamento se dá de forma manual e descentralizada.

3. Autômatos Finitos: O Formalismo Utilizado na Implementação do Sistema de Regras

Um *Autômato Finito Determinístico (AFD)* [8] consiste de um conjunto finito Q de estados e uma *função de transição* entre estados $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$, onde Σ é o alfabeto da cadeia de entrada. No máximo uma transição rotulada por $s \in \Sigma$ com origem no estado $q \in Q$ é permitida, garantindo-se assim o determinismo. Um estado em especial, o q_0 , representa o *estado inicial* da execução do autômato. O conjunto $F \subseteq Q$ representa os possíveis *estados finais* nos quais o autômato aceita a cadeia de entrada. A execução de um AFD se encerra apenas quando não restam mais símbolos a serem lidos da cadeia de entrada ou quando não existir uma possibilidade de transição para o símbolo q corrente. O AFD aceita a cadeia de entrada dada se, e somente se, não existirem mais símbolos a serem lidos quando o autômato atingir um estado final $q \in F$.

Autômatos podem ser representados na forma de um grafo orientado, onde os vértices representam os estados e as arestas as transições. O peso (*rótulo*) associado a cada aresta indica o símbolo da cadeia de entrada que ativa a transição. Como exemplo, considere o autômato mostrado na Figura 3 em que $Q = \{q_0, q_1, q_2\}$, $F = \{q_2\}$, e $\Sigma = \{0, 1\}$. As transições são dadas por $\delta(q_0, 0) = q_0$, $\delta(q_0, 1) = q_1$, $\delta(q_1, 1) = q_2$ e $\delta(q_2, 0) = q_2$, e o estado inicial é q_0 . Este autômato reconhece uma cadeia iniciada por nenhum ou mais 0s, seguidos de dois 1s consecutivos e possivelmente terminando com 0s. Como exemplo de cadeias reconhecidas por este autômato, temos 11 e 00110. No caso da cadeia 11, o autômato encontra-se no estado inicial q_0 quando o primeiro símbolo é lido. Este fato provoca a passagem do autômato para o estado q_1 . Quando o segundo 1 é lido o autômato atinge o estado q_2 , que é o estado final. Já na cadeia 00110, o autômato permanece no estado q_0 até o segundo 0 ser lido, para então prosseguir para os estados q_1 e depois q_2 , com a leitura dos dois 1s. Permanece então no estado q_2 até a leitura do último 0.

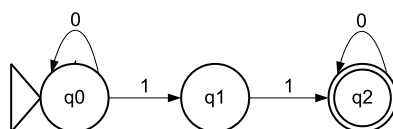


Figura 3: Exemplo de autômato finito determinístico.

4. A Metodologia de Projeto Utilizada

Para o projeto do sistema aqui proposto adotou-se a metodologia *RUP* (*Rational Unified Process*) [1], a qual compreende quatro fases: *concepção*, *elaboração*, *construção* e *transição*. Em cada uma destas fases, uma ou mais iterações são realizadas. O número de iterações está relacionado à complexidade do sistema a ser desenvolvido. Em cada iteração, as atividades de *análise de requisitos*, *análise*, *projeto*, *implementação*, *testes* e *implantação* são desenvolvidas. A predominância de uma das atividades sobre as demais em uma dada fase está relacionada à etapa de desenvolvimento em que o projeto se encontra. A Figura 4 sumariza as fases e atividades da metodologia RUP. Observe que na fase de concepção a atividade de análise de requisitos é mais predominante, enquanto que na fase de construção a atividade de maior ênfase é a implementação.

Para expressar o resultado de cada atividade artefatos são gerados. Por exemplo, na atividade de análise de requisitos o artefato gerado é o diagrama de casos de uso. A lista dos demais artefatos encontra-se em [1]. Como linguagem de suporte à metodologia RUP adotou-se UML (*Unified Modeling Language*) [18].

5. O Sistema SiSPED

O Sistema de Monitoramento do Pé Diabético (SiSPED) visa prover suporte automático ao acompanhamento dos pacientes portadores de Diabetes Mellitus tipo 2, pela implementação das rotinas médicas inerentes à metodologia preventiva descrita na Seção 2. Assim, inclui como funcionalidades o cadastro dos pacientes, dos questionários de sintomas e de sinais e dos resultados do teste do monofilamento. Implementa também o conjunto de regras mencionado na Seção 2, o que permite a geração automática do diagnóstico de classificação do pé

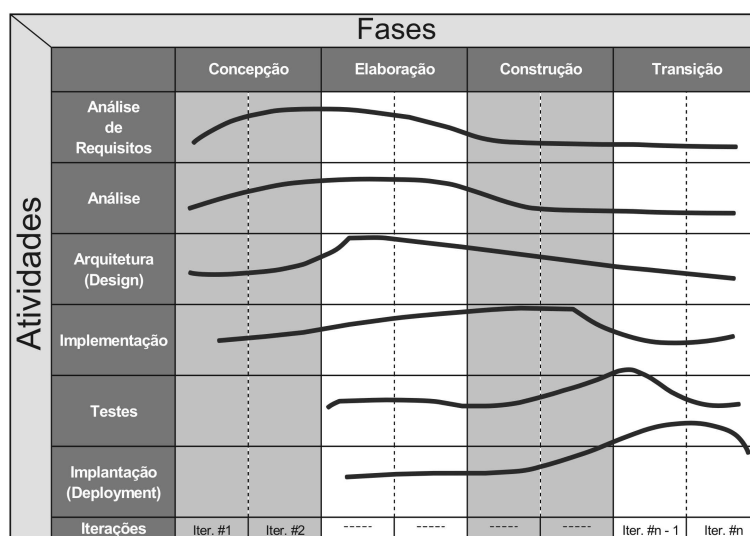


Figura 4: Fases e atividades da metodologia RUP.

do paciente. Provê ainda a possibilidade de correlacionar diversos dados coletados, gerando relatórios estatísticos. Estes relatórios são fundamentais para recompor o histórico clínico dos pacientes, assim como para avaliar o impacto da metodologia adotada na melhoria da saúde da população assistida. Espera-se que o conhecimento preciso dos dados do paciente subsidie futuros planejamentos do controle do Diabetes Mellitus tipo 2, pela identificação de regiões de maior incidência da doença, onde a presença de especialistas é imprescindível.

Nesta seção discutimos a motivação deste projeto (Seção 5.1) e descrevemos as etapas do desenvolvimento do sistema segundo a metodologia RUP, incluindo os resultados de validação obtidos e aspectos de implantação, bem como a apresentação de algumas telas do sistema (Seção 5.2).

5.1. Motivação

Dentre os fatos que estimularam o desenvolvimento deste trabalho, temos: o registro manual e descentralizado dos dados da população assistida, dificultando a recuperação, organização e análise destes; a determinação manual do laudo técnico com possibilidade de erros e sem padronização, implicando em possíveis condutas inadequadas; a difícil análise estatística dos laudos e questionários armazenados, impossibilitando uma avaliação precisa da metodologia de prevenção de forma individual e coletiva; a imprecisão na recomposição da história clínica de cada paciente, dada a dificuldade de se cruzar manualmente os dados das diversas visitas; o armazenamento dos dados do paciente somente no posto em que foi atendido, gerando dificuldade no acompanhamento de pacientes que se utilizem de diversos postos; dificuldade de acompanhamento de pacientes residentes em localidades remotas pela coordenação do programa preventivo; e a inexistência de um sistema que vise minimizar os problemas listados anteriormente.

5.2. Desenvolvimento do SiSPED

Nesta seção detalhamos o sistema aqui proposto, seguindo cada uma das fases do ciclo de desenvolvimento segundo a metodologia RUP, bem como apresentamos algumas telas para ilustrar a interface do sistema.

5.2.1. Fase de Concepção

Como visto na Figura 4, a ênfase desta fase é o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais do sistema, os quais possibilitam definir o escopo e a duração do projeto.

A metodologia empregada para na coleta dos requisitos consistiu de entrevistas à equipe envolvida no projeto Salvando o Pé Diabético e visitas de observação ao ambulatório de atendimento dos pacientes envolvidos no programa preventivo. O único requisito não funcional identificado foi a exigência de se utilizar apenas ferramentas de domínio público, dado a restrições orçamentárias.

Nesta fase foram identificados os seguintes requisitos funcionais: Cadastrar Paciente, Cadastrar Posto de Saúde, Cadastrar Questionário, Gerar Laudo, Armazenar Laudo, Comparar Laudos, Cadastrar Usuário, Autenticar Usuário, Consultar Dados Gerais do Laudo e Gerar Gráficos Estatísticos. A duração desta fase compreendeu uma iteração.

A Figura 5 exprime o artefato gerado nesta fase, o diagrama de casos de uso, expresso em UML [18], o qual fornece uma visão macro do funcionamento do sistema. Observe que estão previstos três atores (denotados por bonecos), um usuário, um médico especialista e um administrador. Cabe ao usuário, o qual pode ser um médico, enfermeiro, estudante de medicina ou agente de saúde as funções de cadastrar pacientes, preencher questionários e iniciar o processo de geração de laudos. O usuário é autenticado assim que acessa o sistema. O médico especialista e o administrador herdam todas as funções do usuário comum. Além destas, podem realizar consultas estatísticas e comparar laudos. Entretanto, somente o administrador pode cadastrar usuários e controlar o registro de postos de saúde.

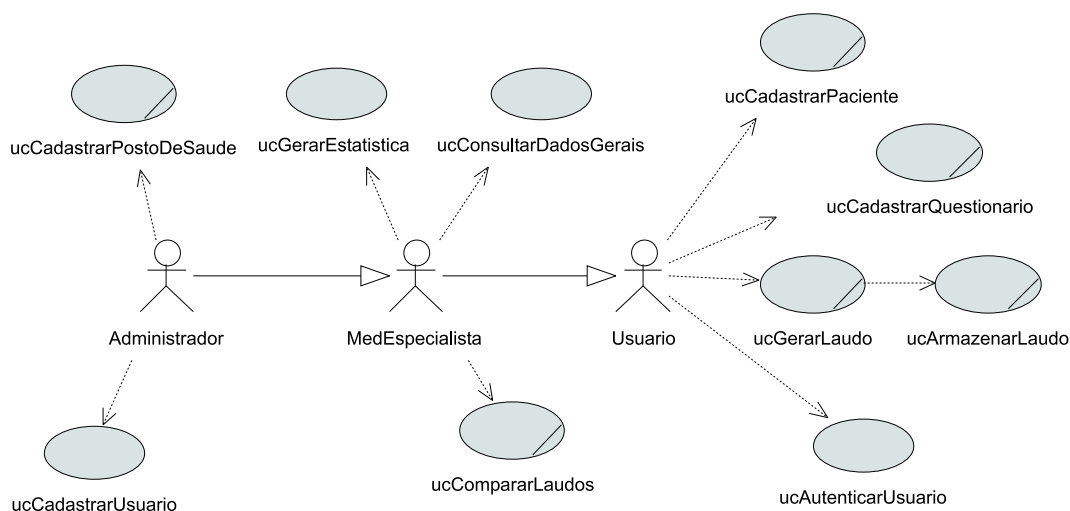


Figura 5: Diagrama de Casos de Uso do SiSPED.

5.2.2. Fase de Elaboração

Nesta fase a ênfase é o levantamento dos riscos do sistema, o refinamento dos casos de uso de maior risco e a definição da infra-estrutura do sistema. A duração desta fase compreendeu duas iterações.

Foram considerados como sendo casos de uso de maior risco o cadastro de pacientes, o cadastro de questionários e a geração de laudos. Os dois primeiros devem-se à quantidade de informações contidas, à frequência de execução e à necessidade de se prover uma interface amigável. A importância da geração de laudos é evidente, por ser este o mecanismo responsável pela classificação da situação do paciente e posterior sugestão de encaminhamento.

A definição da infra-estrutura compreende a definição da plataforma utilizada, da linguagem de programação, da tecnologia empregada, da arquitetura do sistema, das ferramentas do ambiente de produção, entre outros. Os critérios de avaliação utilizados para determinar a opção adotada em cada item foram: disponibilidade existente no ambiente de produção atual, portabilidade, desempenho, modularidade, uso de tecnologias padrão de mercado e preferência por código-fonte aberto.

Assim, definiu-se a plataforma *Windows NT*, por já estar em funcionamento no ambiente de produção. Entretanto, a migração para uma outra plataforma, como a *Linux*, não acarreta mudanças no sistema, uma vez que se adotou a linguagem de programação Java [23], a qual é independente de plataforma.

A tecnologia adotada é *Java 2 Enterprise Edition* (J2EE) [21], por ser adequada à implementação de sistemas de informação corporativos com acesso a banco de dados, como o implementado neste projeto. Além disso, é uma tecnologia de domínio público, o que atende ao requisito não funcional identificado na fase de concepção.

A arquitetura escolhida segue o padrão de sistemas *3-Tier* (três camadas) [20] que consiste basicamente de: uma *camada de interface*, responsável pela apresentação do sistema ao usuário; uma ou mais *camadas de aplicação*, incluindo a lógica de processamento; e uma *camada de persistência de dados*, representada pelo sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). Adotou-se esta arquitetura devido ao alto nível de independência entre as três camadas, facilitando a realização de alterações no decorrer do desenvolvimento do projeto e, posteriormente, quando da manutenção do mesmo.

A Figura 6 detalha a arquitetura do SiSPED. O cliente é representado por um navegador *Web*, o qual acessa o servidor *Web*. Este usa o aplicativo *Jakarta Tomcat* [24], o qual disponibiliza páginas dinâmicas *Java Server Pages* (JSP) [22] para o cliente, contendo os questionários mencionados na Seção 2. O processamento do sistema é realizado no servidor de aplicação *JBoss* [11]. O servidor de aplicação acessa o SGBD, que neste projeto é o servidor de banco de dados *MySQL* [14].

As regras de negócio do sistema são implementadas em classes Java, denotadas pela letra J. Estas classes estão divididas em três grupos: *Fachada*, *Controle* e *Dados*. Os componentes do grupo *Dados* correspondem às classes de persistência utilizadas para representar, na forma de objetos, os registros de tabelas no bando de dados. O grupo *Controle* é constituído pelas classes das regras de negócio propriamente ditas. Exemplos destas classes são as que implementam o cadastro de pacientes e a geração do laudo. As classes do grupo *Fachada* são responsáveis por prover a independência da camada de interface em relação à camada de aplicação. É formada pelas classes *CommandProcessor*, *QueryProcessor* e *ConfigurationLoader*. A classe *CommandProcessor* é responsável por repassar todas as requisições de processamento de transações, advindas de páginas JSP, para as classes de controle correspondentes. A classe *QueryProcessor* atende todas as requisições de consulta

ao banco de dados. A classe *ConfigurationLoader* é responsável por carregar o arquivo principal de configuração do sistema. Estas classes implementam uma variação do padrão de projeto *Session Façade* [4].

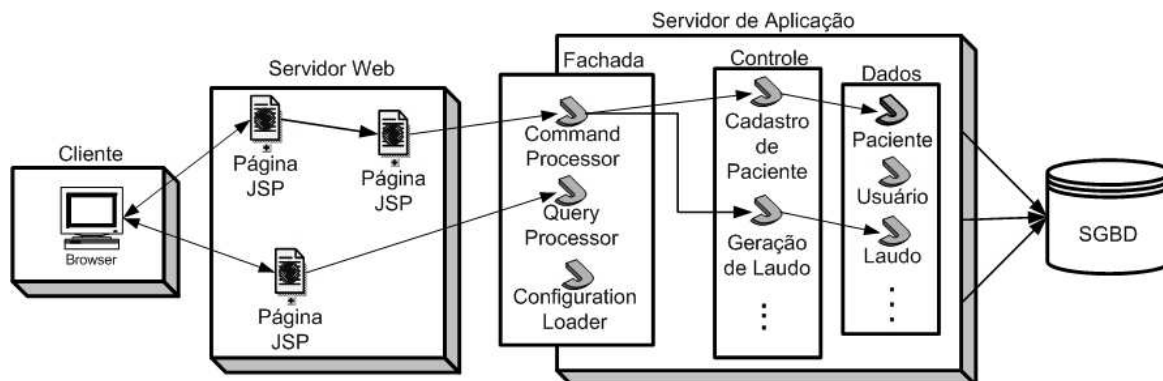


Figura 6: A arquitetura do SiSPED.

5.2.3. Fase de Construção

A ênfase desta fase é a implementação e teste do sistema, muito embora ainda se realizem atividades de análise e projeto. Como mencionado, a linguagem de implementação é Java. Para os relatórios estatísticos usou-se a biblioteca *jChart* [12], de domínio público. Nesta fase foram realizadas quatro iterações.

Uma tarefa crucial desta fase foi a implementação do conjunto de regras em que se baseia a geração automática dos laudos do paciente. O formalismo utilizado para tal é um autômato finito determinístico, descrito na Seção 3.

Para modelar o sistema de regras no autômato, inicialmente deu-se a codificação das respostas dos questionários de sintomas e sinais usando-se os símbolos ”,”, ”:” e algarismos variando de 0 a 6. O símbolo 0 significa a ausência do sintoma ou do sinal, enquanto que o símbolo 1 indica a presença. No caso particular do sinal 18, usa-se os símbolos de 1 e 6 para codificar o tipo de deformidade. Os sinais e os resultados do teste do monofilamento são representados tanto para o pé esquerdo como para o pé direito. No caso do teste do monofilamento, os símbolos de 1 a 6 representam as coordenadas dos pontos sem sensibilidade num dado pé, e o símbolo 0 representa o pé normal. Os valores associados às respostas do questionário são separados pelo símbolo ”:”, enquanto que o símbolo ”,” denota a separação entre as respostas para o pé esquerdo e para o pé direito, nos itens em que se verifica ambos os pés. Um exemplo da representação dos dados coletados em uma visita é dado por: [0:0:1:0:0:0:1;0:0;1:1;1:1;0:0;0:1;0:0;1:1;0:1;1:1;0:1;0:0;0:3;3:1;0:0;0:1;0:0;0:0;0:1;0:0;0:0;0:1;0:156;15]. Observe que este paciente só apresenta dor ao contato com o lençol, pois o terceiro dentre os seis primeiros símbolos que representam os sintomas é 1. Dentre os sinais, apresenta, por exemplo, bolhas no pé esquerdo, indicado pelo valor 1;0 no sétimo item. Além dos demais sinais positivos, este paciente apresenta perda de sensibilidade nas coordenadas 1, 5 e 6 do pé esquerdo, e 1 e 5 no pé direito, últimos dados da cadeia de símbolos.

A Figura 7 apresenta os dez primeiros estados utilizados na classificação da situação

do paciente. O autômato completo utilizado neste processo é constituído de 202 estados e 278 transições. No fragmento mostrado, as transições estão rotuladas com os símbolos “:”, 0 e 1. Por razões didáticas, um atributo (informação dentro do retângulo) é associado a alguns estados, para indicar as conclusões obtidas no diagnóstico ao serem analisados os sintomas, sinais e teste do monofilamento. Assim, para o exemplo dado anteriormente, o autômato inicia sua execução no estado q_0 , seguindo para os estados q_1 , q_3 , q_4 e q_6 , pois os símbolos da cadeia de entrada são 0 e “:”. No estado q_6 , lê o símbolo 1 e então segue para o estado q_8 , que sinaliza a conclusão de Neuropatia Periférica. A avaliação do restante da cadeia segue analogamente.

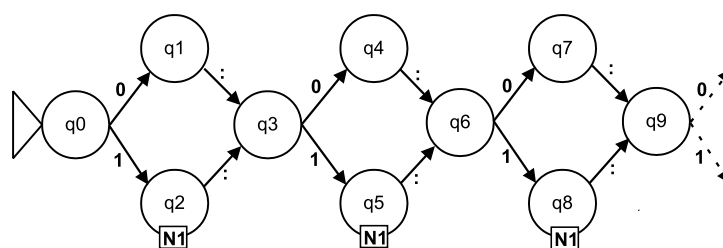


Figura 7: Fragmento do AFD utilizado na geração de laudos.

5.2.4. Fase de Transição

As principais tarefas desta fase são os testes finais do sistema, a validação com dados reais e a implantação do sistema. A realização desta etapa do projeto compreendeu duas iterações. O SiSPED está totalmente concluído e foi validado considerando-se 60 pacientes. A partir dos dados destes pacientes, foram gerados laudos técnicos, pelo SiSPED, e laudos clínicos, por especialistas, para comparação. Estes especialistas não participaram da concepção do sistema. A Tabela 1 sumariza os resultados obtidos na validação, onde a situação de riscos presente e ausente correspondem, respectivamente, a pacientes com e sem risco de amputação.

Tabela 1: Resultados da validação.

<i>Situação do Pé do Paciente quanto à Amputação</i>	<i>Laudos Clínicos</i>	<i>Laudos Gerados pelo SiSPED</i>
Risco Presente	47	46
Risco Ausente	13	10
Totais	60	56

Os resultados mostram um valor preditivo positivo de 97,9% e um valor preditivo negativo de 76,9%. O SiSPED apresentou uma sensibilidade de 93,8% e uma especificidade de 90,9%. O *valor preditivo* expressa, para cada situação de risco, o percentual de coincidência entre laudos clínicos e gerados, em relação ao total de laudos. O valor preditivo positivo refere-se ao risco presente e o negativo, ao risco ausente. A *sensibilidade* expressa a proporção de indivíduos de risco presente no total de indivíduos identificados pelo sistema como doentes. Este índice mede a capacidade do sistema de detectar indivíduos doentes. O

índice de *especificidade* é a proporção de indivíduos sem a doença no total de indivíduos identificados pelo sistema como não doentes. Este índice indica a capacidade do sistema de identificar normalidade para quem realmente não tem a doença.

Os trabalhos de implantação já se iniciaram na Secretaria de Saúde do Estado de Sergipe e prevê-se a difusão do sistema nos vários postos do estado a partir de abril de 2004. As atividades de implantação envolvem o repasse técnico do sistema para a equipe responsável pela manutenção e o treinamento dos usuários envolvidos no programa preventivo. Observa-se aqui que atualmente todos os postos de saúde estaduais são dotados de infra-estrutura computacional, o que não acarretará em custos adicionais para o processo de implantação.

5.2.5. Algumas Telas do Sistema

Esta seção visa apresentar algumas telas do sistema com o objetivo de ilustrar a interface do SiSPED. A Figura 8 mostra a tela do questionário de sintomas. Para cada sintoma, verifica-se a incidência deste. O questionário de sinais é similar. Entretanto, neste caso levantam-se dados sobre os pés esquerdo e direito do paciente. O teste do monofilamento é registrado através da seleção (clique) de doze pontos padronizados, usando-se uma interface que contém o desenho dos pés.

SISPED.com - Sistema de Tratamento do Pé Diabético - UF5 - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Search Favorites History

SISPED

Pacientes
Questionários
Laudos
Alterar Senha
Encerrar Sessão

Inserir Questionário

Dados Gerais Sintomas Inspeção Sensib. / Refl. / Vascular Monofilamento

1. Dor ou queimor nos pés? ☐ Sim ☒ Não

2. Perda dos sapatos? ☐ Sim ☒ Não

3. Dor com o lençol? ☐ Sim ☒ Não

4. Claudicação? ☐ Sim ☒ Não

5. Presença de feridas nos pés? ☐ Sim ☒ Não

6. Ocorrência de amputações? ☐ Sim ☒ Não

enviar cancelar

Done

Iniciar 5. Foo Fighters - Break o... Monografia SISPED.com - Sistema... cadQuestionario.jpg - Paint Local intranet 19:26

Figura 8: Tela do questionário de sintomas.

Os laudos obedecem um formato padronizado que inclui alguns dados de identificação do paciente e o resumo das partes principais do questionário preenchido (sintomas, sinais e limiar de proteção), além do diagnóstico computado e da conduta sugerida, como mostrado no recorte na Figura 9. Vários relatórios estatísticos são também disponibi-

lizados em diversos formatos, como tabelas, gráficos de barras, de áreas e de linhas. Além disso, temos ainda as telas iniciais e de cadastro de dados gerais.

I- Avaliação Clínica	
Paciente portador de diabetes tipo 2 há 5 anos, com grau de controle Bom.	
Nº Sintomas:	1
Sintomas:	05- Presença de ferida nos pés:
Nº Sinais:	3
Sinais:	11- Pé vermelho: Pé Direito, Pé Esquerdo 18- Deformidade: Pé Esquerdo
II- Limiar de Proteção de Reflexos	
	
Pé Direito Pé Esquerdo	
III- Conclusão	
Pé em Risco de Amputação	
IV- Conduta	
Encaminhar ao centro de especialidades.	

Figura 9: Recorte de um laudo gerado.

6. Impactos Sociais e Econômicos do Projeto

Após a implantação do sistema na Secretaria de Saúde, esperam-se como impactos sociais: a maior abrangência da metodologia de prevenção ao pé diabético, pois o laudo automático dispensa a presença do médico especialista na triagem dos pacientes; a melhoria no conforto do paciente, através da diminuição dos deslocamentos do mesmo para os centros especializados; a diminuição de amputações, pela maior abrangência do programa preventivo; o melhor planejamento das ações do programa preventivo, pelo subsídio dos relatórios estatísticos disponibilizados; e a melhoria geral no serviço de atendimento, pela descentralização de acesso aos dados do paciente.

Como impactos econômicos podemos citar: a maior eficiência no uso do tempo do endocrinologista, que pode se concentrar somente no acompanhamento dos casos mais sérios; redução dos custos de tratamento e de internações hospitalares, pela disseminação do programa de prevenção; e a redução dos custos de deslocamento de pacientes.

Além disso, os dados coletados devem subsidiar investigações em saúde pública na área projeto, bem como permitir uma avaliação precisa e ágil da eficácia da metodologia de prevenção implantada.

7. Conclusões

Este trabalho propõe um sistema *Web* para auxiliar o monitoramento do paciente com pé diabético, o qual parece ser inovador no contexto do tratamento dos pacientes diabéticos e de softwares livres para a saúde pública. As principais contribuições do trabalho no âmbito social e econômico, são mencionadas na Seção 6. No âmbito tecnológico, o trabalho propõe um novo aplicativo na área de Informática Médica.

O SiSPED já foi totalmente concluído e atualmente se encontra em fase inicial de implantação na Secretaria Estadual de Saúde de Sergipe. Planeja-se executar inicialmente um projeto piloto em dez postos de saúde no interior e na capital do estado, para gradativamente estender a utilização para todos os postos da rede de saúde estadual. O sistema foi validado considerando-se 60 pacientes da rede pública de saúde e resultou num índice de sensibilidade de 93,8%, o qual representa um ótimo resultado para sistemas médicos.

Dentre as principais vantagens advindas da implantação do sistema temos a centralização dos dados de toda a população assistida, a manipulação sistêmica dos dados do paciente, a possibilidade de aumentar a cobertura do programa de prevenção e a oferta de subsídios para a pesquisa científica na área e para um melhor planejamento do programa preventivo.

Como trabalhos futuros, planeja-se integrar este sistema a um projeto mais amplo que envolva vários aspectos do Diabetes Mellitus, inclusive educacionais. Pretende-se desenvolver uma interface para celulares e PDAs (*Personal Digital Assistant*), possibilitando ao usuário o acesso remoto e sem fio ao sistema.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Thiago Caetano Silva a ajuda no projeto visual das interfaces. O primeiro autor agradece o apoio financeiro do CNPq, através do programa PIBIC.

Referências

- [1] BOOCH, G., JACOBSON, I. e RUMBAUGH, J. (2001) *The Unified Software Development Process*. Addison-Wesley.
- [2] CALSOLARI, A.M., CORONHO, V., PETROIANO, A., SANTANA, E.M. e PIMENTA, L.G. *Tratado de Endocrinologia e Cirurgia Endócrina*, 1ª Edição, cap 129, pag 1031-1037. Guanabara Kooga, RJ.
- [3] CARVALHO, M., SILVA, L. e REZENDE, K. (2003) Um sistema para o monitoramento do pé diabético. *Anais do III Workshop de Informática Médica*, Fortaleza (artigo em CD).
- [4] *Core J2EE Patterns. Session Facade*. Disponível em <http://java.sun.com/blueprints/corej2eepatterns/Patterns/SessionFacade.html>, última visita em março de 2004.
- [5] EDMONDS, M., BAUER, M., OSBORN, S., LUTFIYYA, H., MAHON, J., DOIG, G., GRUNDY, P., GIT-TENS, C., MOLEMKAMP, G. e FENLON, D. (1998) Using the VISTA 350 telephone to communicate the results of home monitoring of diabetes mellitus to a central database and to provide feedback. *International Journal of Medical Informatics*, 51: 117-125.
- [6] GRABERT, M., SCHWEIGGERT, F. e HOLL, R.W. (2002) A framework diabetes documentation and quality management in Germany: 10 years of experience with DPV. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 69: 115-121 .

- [7] HEJLESEN, O.K., ANDREASSEN, S., HOVORKA, R. e CAVAN, D.A. (1997) DIAS - the Diabetes Advisory System: an outline of the system and the evaluation results obtained so far, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 54: 49-58 .
- [8] HOPCROFT, J. E. e ULLMAN, J. D. (1979) *Introduction to Automata Theory, Languages and Computation*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [9] HUNT, D.L., HAYNES, R.B., HAYWARD, R.S.A., PIM, M.A. e HORSMAN, J. (1998) Patient-specific evidence-based care recommendations for diabetes mellitus: development and initial clinic experience with a computerized decision support system. *International Journal of Medical Informatics*, 51: 127-135.
- [10] International Working Group on The Diabetic Foot. *International Consensus on the Diabetic Foot*. Disponível em <http://www.diabetic-foot-consensus.com>, última visita em março de 2004.
- [11] JBoss.org. *JBoss Application Server*. Disponível em <http://www.jboss.org/>, última visita em março de 2004.
- [12] Krysalis Community Project. *jCharts Project*. Disponível em <http://jcharts.krysalis.org/>, última visita em março de 2004.
- [13] MONTANI, S., BELLAZZI, R., PORTINALE, L., d'ANNUNZIO, G., FIOCCHI, S. e STEFANELLI, M. (2000) Diabetic patients management exploiting case-based reasoning techniques. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 62: 205-218.
- [14] MySQL AB. *MySQL Database Server*. Disponível em <http://www.mysql.com/products/mysql/>, última visita em março de 2004.
- [15] PEDROSA, C.H. *et al* (2001) *Consenso Internacional sobre o Pé Diabético*. Ministério do Estado da Saúde, Brasil.
- [16] PEDROSA, C. H.; NERY, S. E.; SENA, V. F.; NOVAES, C.; FELDKIRCHER, C. T.; DIAS, O. S. M.; LEME, P. A. L.; MIZIARA, M.; ASSIS, A. M. e KALUME, C. (1994) O desafio do projeto salvando o pé diabético. *Terapêutica em Diabetes*.
- [17] PLOUGMANN, S. and HEJLESEN, O.K. and CAVAN, D.A. (2001) DiasNet - a diabetes advisory system for communication and education via the internet. *International Journal of Medical Informatics*, 64: 319-330.
- [18] LARMAN, C. (2002) *Applying UML and Patterns*. Prentice Hall.
- [19] REZENDE, K.; MELO, N.; SILVA, L.; CARVALHO, M.; LOBÃO, Y. e MALERBI, D. (2003) SISPED: A Software to Monitor Foot Complications and prevent Foot Amputation in Diabetic Patients. *18th International Diabetes Federation Congress*, 29, 4S7-4S428, Paris, France.
- [20] SATOSHI, H. (1997) HORB: Distributed Execution of Java Programs, *Lecture Notes in Computer Science*, 1274, pp.29-42.
- [21] Sun Microsystems. *JavaTM 2 Platform Enterprise Edition (J2EETM)*. Disponível em <http://java.sun.com/j2ee/>, última visita em março de 2004.
- [22] Sun Microsystems. *JavaServer Pages Technology*. Disponível em <http://java.sun.com/products/jsp/index.jsp>, última visita em março de 2004.
- [23] Sun Microsystems. *The Java Language Specification*, Disponível em <ftp://ftp.javasoft.com/docs/javaspec.ps.zip>, última visita em março de 2004.
- [24] The Apache Software Foundation. *Jakarta Tomcat Web Container*. Disponível em <http://jakarta.apache.org/tomcat/index.html>, última visita em março de 2004.