

## **Capítulo 9**

### **Resultados, Discussões e Conclusões**

Foram realizados testes com as imagens das lesões, onde, a partir do programa desenvolvido, foram obtidas medidas estatísticas baseadas em características de Haralick e seus respectivos gráficos de acompanhamento, a partir de imagens de úlceras de perna. Foram utilizados dois pacientes portadores de úlceras de perna, tendo sido feita a escolha das melhores imagens, seguindo os padrões citados no Capítulo 8.

Os resultados obtidos e a discussão acerca dos valores e gráficos resultantes, são apresentados procedendo-se à uma comparação entre as imagens dos dois pacientes. É importante salientar que os dois pacientes estudados apresentam casos de melhoria, ou até mesmo cicatrização, esta última ocorrendo de maneira mais acentuada (mais rápida), no caso do Paciente 2, ou menos acentuada (mais lentamente), para o Paciente 1. Nos dois pacientes, observa-se uma melhora da ferida, fator importante para ser considerado neste estudo, para a análise e comparação de resultados.

#### **9.1. Imagens dos Pacientes**

Como convenção, chamaremos aqui os pacientes analisados neste trabalho, de Paciente 1 e Paciente 2, sendo que para cada um deles foi escolhida uma imagem representativa para cada data analisada. Essas imagens foram submetidas à Ferramenta Gráfica Computacional para as operações de testes de funcionamento e obtenção de resultados que permitam o acompanhamento da patologia. Essas imagens são mostradas nos itens 9.1.1 e 9.1.2.

### 9.1.1. Paciente 1

As Imagens das Figuras 9.1, 9.2 e 9.3 apresentam as lesões do paciente denominado Paciente 1, respectivamente capturadas em 16 de junho de 1997, 24 de junho de 1997 e 14 de julho de 1997.



**Figura 9.1:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 1, obtida em 16 de junho de 1997.



**Figura 9.2:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 1, obtida em 24 de junho de 1997.



**Figura 9.3:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 1, obtida em 14 de julho de 1997.

### 9.1.2. Paciente 2

As Imagens das Figuras 9.4, 9.5, 9.6 e 9.7 apresentam as lesões do paciente denominado Paciente 2, respectivamente capturadas em 31 de outubro de 1996, 06 de novembro de 1996, 08 de novembro de 1996 e 03 de dezembro de 1996.



**Figura 9.4:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 2, obtida em 31 de outubro de 1996.



**Figura 9.5:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 2, obtida em 06 de novembro de 1996.



**Figura 9.6:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 2, obtida em 08 de novembro de 1996.



**Figura 9.7:** Imagem de úlcera de perna do Paciente 2, obtida em 03 de dezembro de 1996.

## **9.2. Resultados obtidos**

Os resultados obtidos através da Ferramenta Gráfica Computacional sobre as imagens dos Pacientes 1 e 2 são apresentados em formas de tabelas e gráficos, visando-se uma melhor visualização e comparação dos mesmos.

### 9.2.1. Resultados do Paciente 1

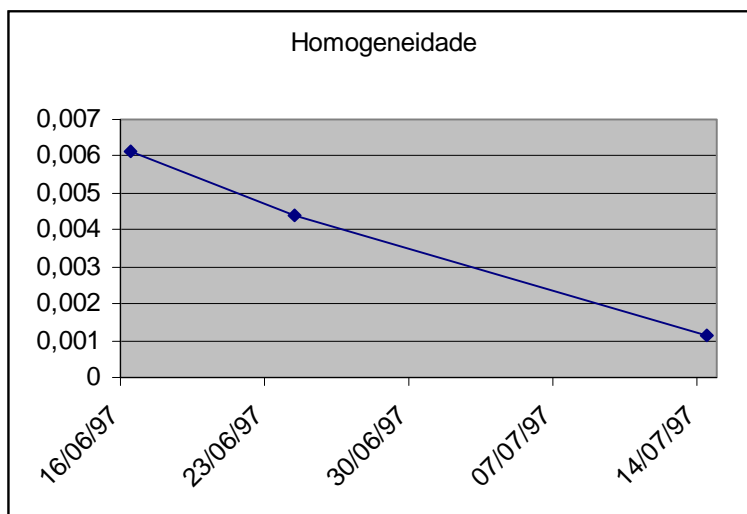
Para esse experimento foram usadas 20 texturas da parte interna de cada imagem, obtidas através de cortes nas imagens, tomadas com uma distância entre pixels de 1 pixel, para o cálculo das matrizes de coocorrência e das características de Haralick. Para cada uma dessas texturas, foram calculadas cinco características de Haralick, denominadas aqui Homogeneidade, Contraste, Dispersão, Concentração e Ordenação. A seguir, foram somados os valores de cada característica para essas texturas e divididos pelo número total de texturas, ou seja, 20, para cálculo das médias das características.

A Tabela 9.1 ilustra os resultados das médias obtidas.

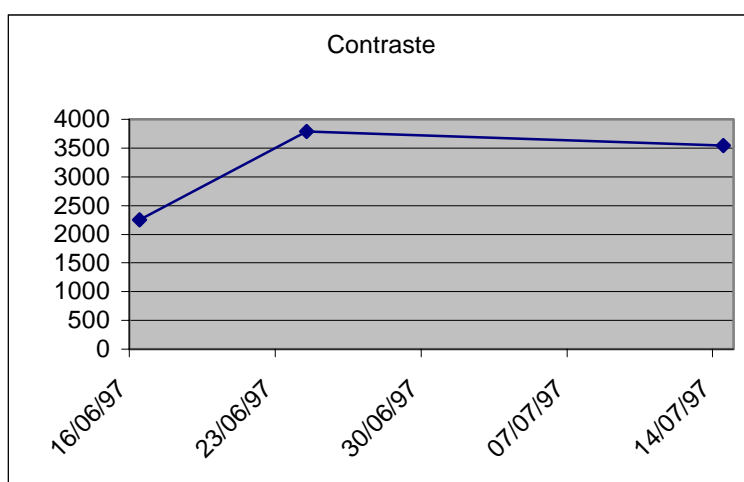
<b>Datas:</b>	<b>Homogeneidade</b>	<b>Contraste</b>	<b>Dispersão</b>	<b>Concentração</b>	<b>Ordenação</b>
<b>16/jun/97</b>	0,0061395	2247,91	2,4964	0,1642	0,0013902
<b>24/jun/97</b>	0,0044167	3785,71	2,6505	0,1269	0,0011155
<b>14/jul97</b>	0,0011530	3541,80	3,1157	0,0811	0,0005548

**Tabela 9.1: Resultados dos cálculos das médias das Características de Haralick sobre imagens da úlcera de perna do Paciente 1, adquiridas em três diferentes datas.**

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9.1, pode-se observar o comportamento das características de Haralick extraídas. Os valores da **Homogeneidade**, da **Concentração** e da **Ordenação** (Figuras 9.8, 9.11 e 9.12, respectivamente) decrescem e os valores da **Dispersão** (Figura 9.10) crescem ao longo do período analisado. O valor do **Contraste** é de difícil avaliação, pois apresenta um comportamento não muito coerente com a evolução da ferida (aumenta, depois decresce), sendo apresentado mais a título ilustrativo das diversas características que foram implementadas, conforme mostra o Gráfico da Figura 9.9.



**Figura 9.8: Homogeneidade (Paciente 1)**



**Figura 9.9: Contraste (Paciente 1)**

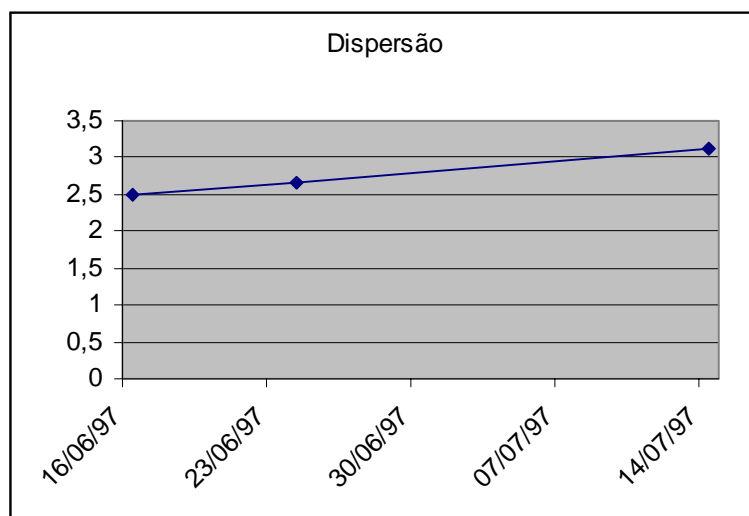


Figura 9.10: Dispersão (Paciente 1)

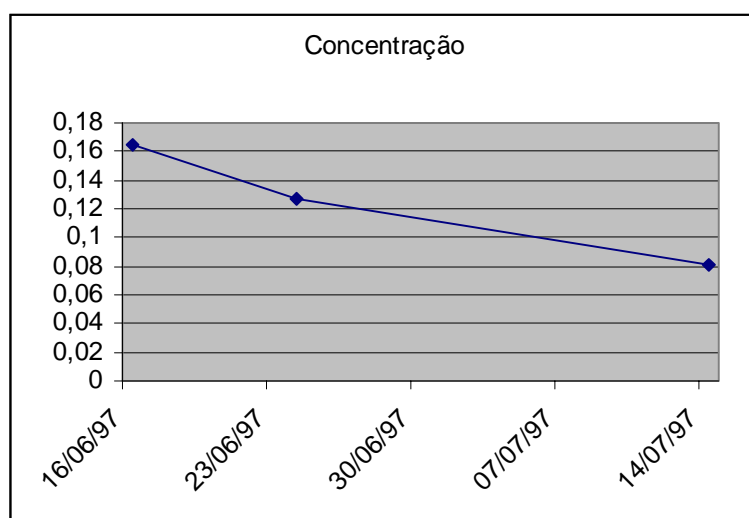
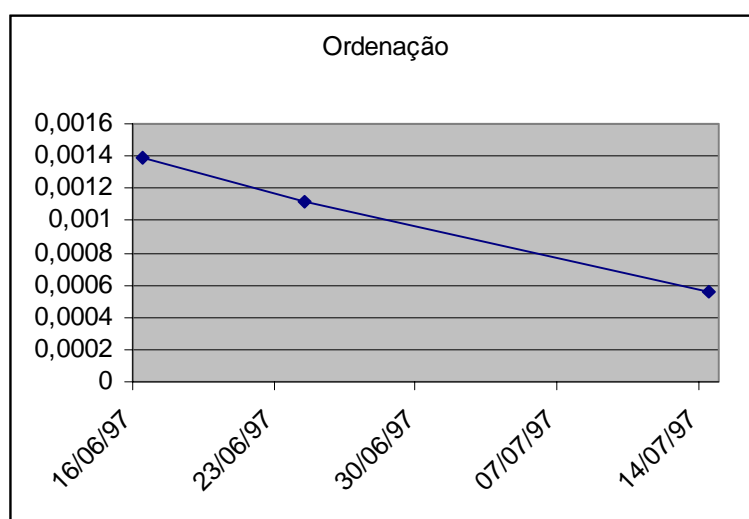


Figura 9.11: Concentração (Paciente 1)





**Figura 9.12: Ordenação (Paciente 1)**

### 9.2.2. Resultados do Paciente 2

Foram capturadas 20 texturas da parte interna da lesão, com um distanciamento entre pixels de 1 pixel, para cada uma das quatro imagens utilizadas e, a seguir calculadas as características de Haralick e suas respectivas médias, conforme foi feito com o Paciente 1 (item 9.2.1).

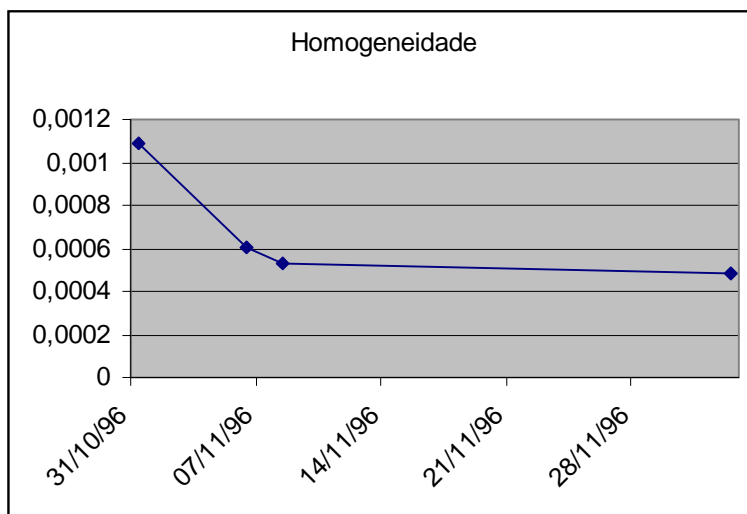
A Tabela 9.2 ilustra os resultados das médias obtidas.

<b>Datas:</b>	<b>Homogeneidade</b>	<b>Contraste</b>	<b>Dispersão</b>	<b>Concentração</b>	<b>Ordenação</b>
<b>31/out/96</b>	0.0010879	1112.24	3.2058	0.10730	0.0004568
<b>06/nov/96</b>	0.0006060	1383.70	3.3358	0.08133	0.0003732
<b>08/nov/96</b>	0.0005280	1318.88	3.3912	0.07724	0.0003398
<b>03/dez/96</b>	0.0004838	1674.75	3.4016	0.06662	0.0003350

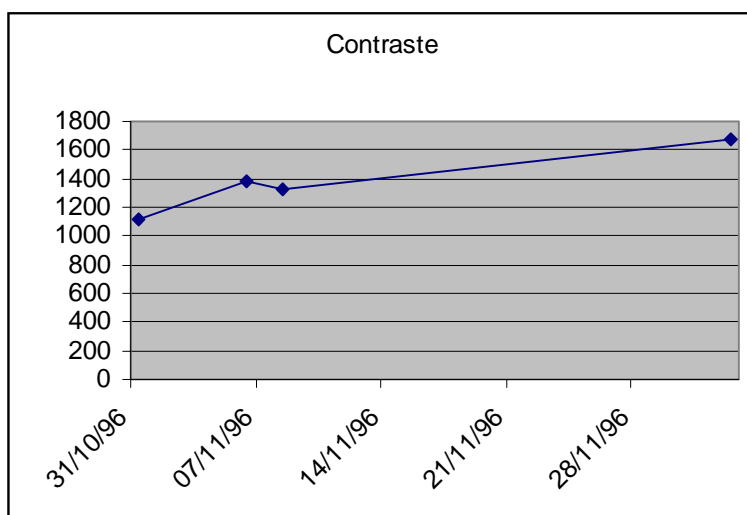
**Tabela 9.2: Resultados dos cálculos das médias das Características de Haralick sobre imagens da úlcera de perna do Paciente 2, adquiridas em quatro diferentes datas.**

De modo semelhante ao Paciente 1, pode-se observar o comportamento das características de Haralick extraídas para o Paciente 2. Neste caso, os valores da **Homogeneidade**, da **Concentração** e da **Ordenação** (Figuras 9.13, 9.16 e 9.17, respectivamente) decrescem e os valores da **Dispersão** (Figura 9.15) crescem ao longo do período analisado. O valor do **Contraste**, como no caso do Paciente 1, apresenta um comportamento não regular (aumenta, decresce e depois aumenta novamente), não fornecendo informação útil para ser considerado neste estudo, sendo apresentado aqui mais a título de complemento para a análise das diversas características que foram implementadas, conforme mostra o Figura 9.14.

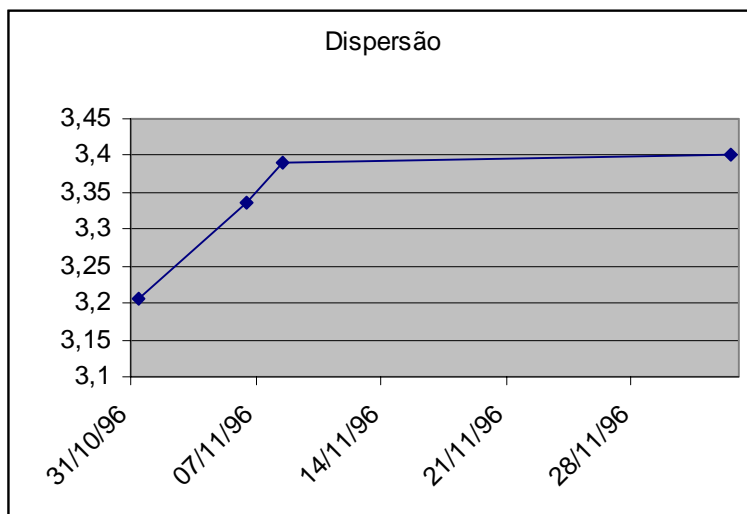
O **Contraste** é dependente da aquisição da imagem. Seu valor é altamente influenciado pelas condições de iluminação, não representando, portanto, uma boa característica a ser usada.



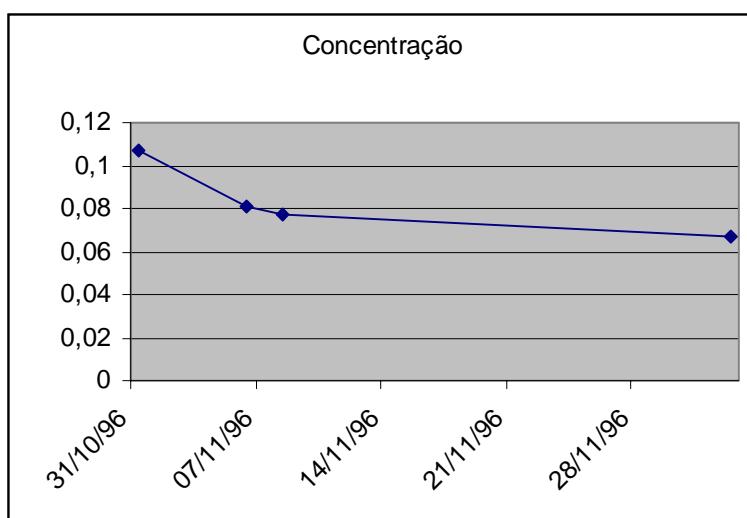
**Figura 9.13: Homogeneidade (Paciente 2)**



**Figura 9.14: Contraste (Paciente 2)**



**Figura 9.15: Dispersão (Paciente 2)**



**Figura 9.16: Concentração (Paciente 2)**

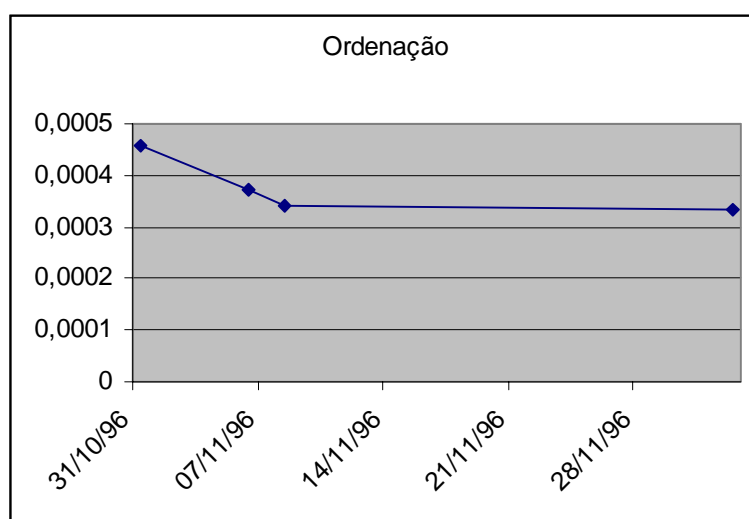


Figura 9.17: Ordenação (Paciente 2)

### 9.3. Discussão dos Resultados

Os resultados apresentados no item anterior, para as imagens dos Pacientes 1 e 2, assemelham-se em certos pontos. A medida **Homogeneidade**, tanto para o caso do Paciente 1 como para o do Paciente 2, apresenta uma curva do tipo descendente. A fim de estabelecer uma comparação entre os resultados obtidos com os Pacientes 1 e 2, são mostrados nas Figuras 9.18, 9.19, 9.20, 9.21 e 9.22, os Gráficos dos dois pacientes conjuntamente, separados por característica, onde pode-se observar o comportamento das curvas dos dois pacientes, dentro de um período de 34 dias.

A cicatrização de uma úlcera de perna caracteriza-se pela formação de tecido de granulação, em detrimento do plasma, como apresentado no Capítulo 3. De acordo com cada característica de Haralick calculada e com os resultados dos Gráficos das Figuras 9.18 a 9.22, pode-se notar um paralelo entre o processo de cicatrização e o comportamento de cada característica, para cada paciente.

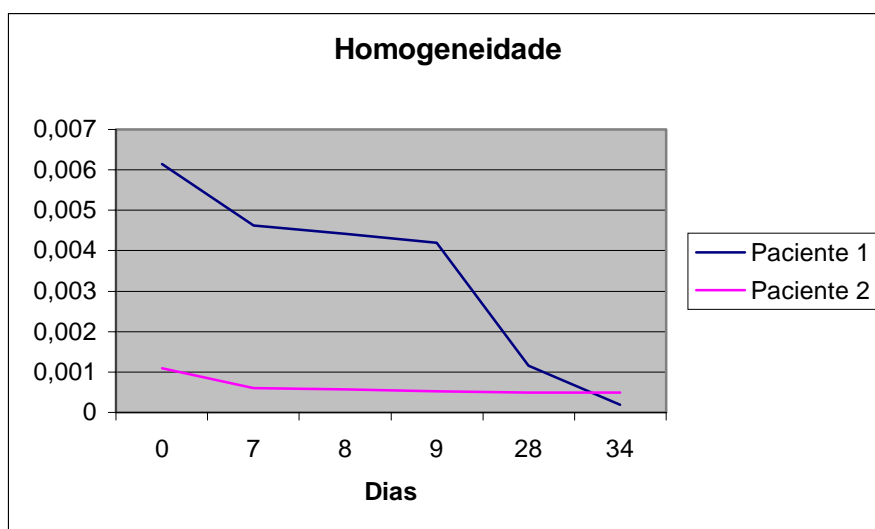


Figura 9.18: Gráfico dos Pacientes 1 e 2 - Homogeneidade

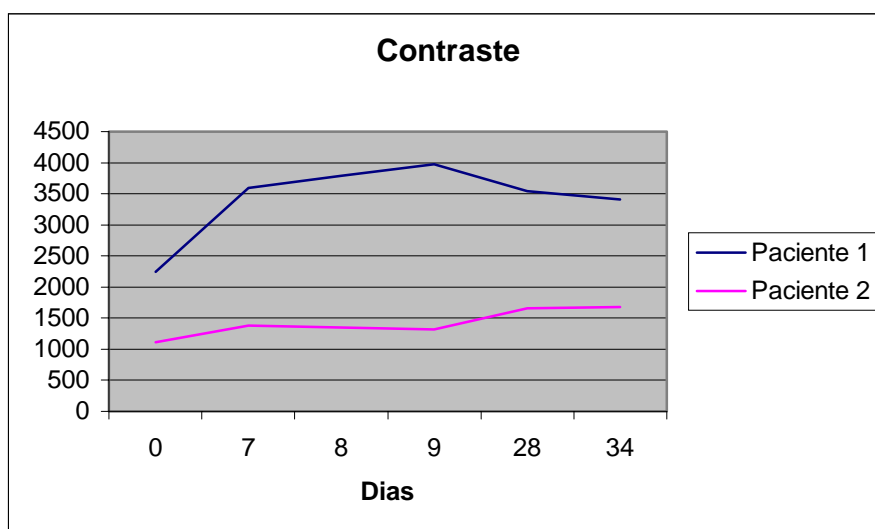


Figura 9.19: Gráfico dos Pacientes 1 e 2 - Contraste

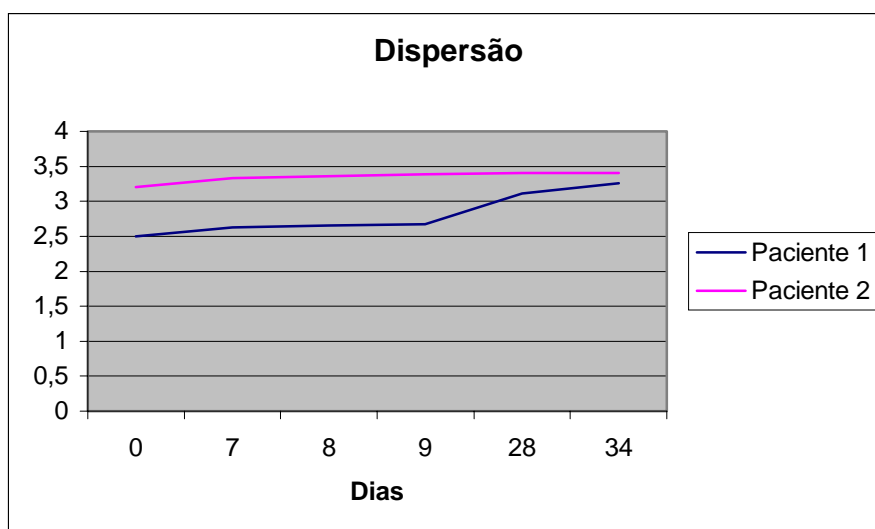


Figura 9.20: Gráfico dos Pacientes 1 e 2 -Dispersão

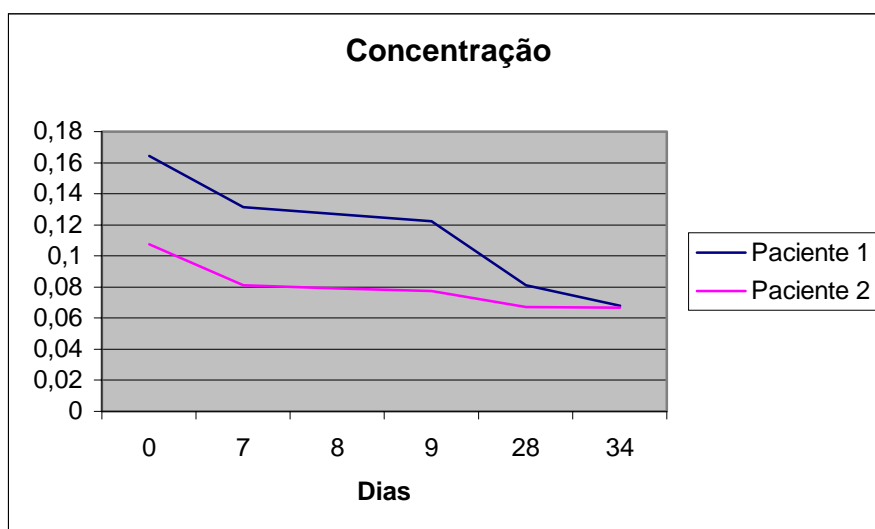


Figura 9.21: Gráfico dos Pacientes 1 e 2 - Concentração

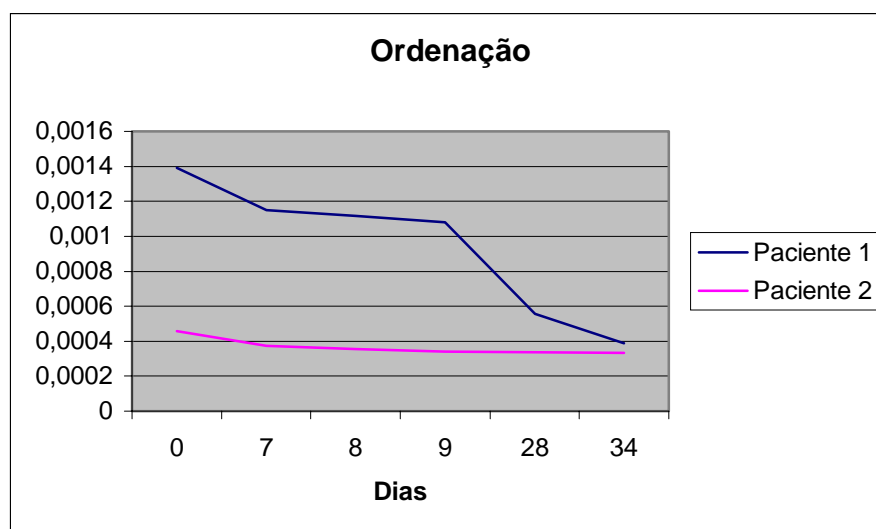


Figura 9.22: Gráfico dos Pacientes 1 e 2 -Ordenação

O Gráfico da Figura 9.18 mostra uma comparação entre as curvas dos Pacientes 1 e 2 para a característica **Homogeneidade**. Neste caso, o Paciente 1 apresenta uma curva descendendo continuamente e o Paciente 2 apresenta uma curva levemente decrescente, se estabilizando após um certo período de tempo. Considerando-se que o Paciente 2 apresenta uma taxa de cicatrização maior, no período de tempo analisado, em relação ao Paciente 1, leva-se a crer, por observação, que a diminuição no valor da característica **Homogeneidade** implica em uma maior taxa de cicatrização, ou seja, quanto mais decresce o valor da Homogeneidade, têm-se uma quantidade crescente de tecido de granulação e, conseqüentemente, menor quantidade de plasma sobre a região lesada.

O comportamento do **Contraste**, apresentado pela Figura 9.19, não apresenta estabilidade, sendo crescente em determinados períodos, e logo após decrescendo, como ocorre com as curvas dos Pacientes 1 e 2. Isso ocorre, como afirmado, devido ao **Contraste** possuir uma alta dependência em relação às condições de iluminação presentes no momento da aquisição das imagens.

A **Dispersão**, mostrada no Gráfico da Figura 9.20, mostra as curvas dos Pacientes 1 e 2 sendo crescentes, com a curva do Paciente 2 se estabilizando mais



rápido que a do Paciente 1. A **Dispersão** pode também ser usada como uma medida de Homogeneidade, lembrando que neste caso tendo valores diferentes da característica **Homogeneidade**. Por observação, pode-se notar que valores maiores da **Dispersão**, obtidos por comparação com outras imagens de um mesmo paciente, indicam uma formação mais homogênea de tecido de granulação, ou seja, condições crescentes de cicatrização no local da úlcera. Curvas decrescentes ou estáveis poderiam indicar uma grande quantidade de plasma ou uma estabilidade momentânea da região lesada.

A velocidade de cicatrização pode ser também medida através das curvas das Figuras apresentadas. Em todas as características analisadas neste trabalho, excetuando-se o **Contraste**, pode-se notar que o Paciente 2, o qual mostrou um quadro muito claro de cicatrização quase total no período de tempo analisado, apresentou curvas muito estáveis após um determinado período de tempo. Isso leva a crer, por observação, que curvas estáveis das características são um forte indicativo de uma lesão em processo crescente de cicatrização.

O Paciente 1, analisado também como um caso de cicatrização, apresentou curvas crescentes ou decrescentes muito abruptas, não estabilizando-se após transcorrido o período de tempo analisado, como ocorreu com o Paciente 2. No entanto, o comportamento geral das curvas das características dos dois pacientes seguiu um mesmo padrão, sendo crescentes ou decrescentes.

A tabela 9.3 resume o comportamento de cada curva traçada para cada característica de Haralick calculada, para o caso dos Pacientes 1 e 2.

	<b>Curvas do Paciente 1</b>	<b>Curvas do Paciente 2</b>
<b>Homogeneidade</b>	Decrescente, diminuindo o valor continuamente	Decrescente, mas estabilizando a queda do valor após um certo período de tempo
<b>Contraste</b>	Crescente e, logo após decrescente	Crescente, decrescente e logo após crescente
<b>Dispersão</b>	Crescente	Cresce continuamente e se estabiliza
<b>Concentração</b>	Decrescente	Decresce, se estabilizando no final
<b>Ordenação</b>	Decrescente	Decresce, se estabilizando no final

**Tabela 9.3: Comportamento das características de Haralick para os Pacientes 1 e 2.**

Observando-se a Tabela 9.3, pode-se notar, então, que as curvas do Paciente 2, excetuando-se o **Contraste**, tendem a se estabilizar após decorrido um determinado período de tempo. Isso indica um indício de aumento da área de cicatrização (maior área de formação de tecido de granulação), na região da lesão. Esse aumento da área de tecido de granulação (área avermelhada), em detrimento da área de plasma (infecção bacteriana, de cor amarelada) é bem perceptível nas Imagens das Figuras 9.4, 9.5, 9.6 e 9.7 (Paciente 2).

#### **9.4. Conclusões sobre os Experimentos**

Neste trabalho, foram apresentadas as análises e cálculos das características de Haralick aplicadas às imagens de lesões de perna para dois pacientes distintos, nomeados aqui Paciente 1 e Paciente 2. A seguir foram dispostos, na forma de gráficos e tabelas, os resultados da extração das características utilizando-se a Ferramenta Gráfica Computacional.

Foi discutido também o comportamento dos gráficos obtidos das imagens dos dois pacientes, sendo apresentados diversos gráficos comparativos entre as curvas dos dois pacientes, onde pode-se notar o mesmo comportamento para todas as curvas apresentadas. Nessa etapa foi feito também um paralelo entre o processo de cicatrização e os valores das características de Haralick obtidos para os dois pacientes.

Foi analisado também o tempo de cicatrização das imagens dos dois Pacientes, medido em dias, através dos Gráficos apresentados pelas Figuras 9.18 a 9.22. As curvas das características do Paciente 2 apresentaram um comportamento mais estável que as do Paciente 1. Como o Paciente 2 apresentou um diagnóstico de cicatrização maior em relação ao Paciente 1, levando-se em conta o mesmo período de tempo analisado (34 dias), concluiu-se que as curvas mais estáveis apresentam casos de pacientes com um processo de cicatrização mais eficiente.

A característica **Contraste** foi mostrada no trabalho como dependente de condições de iluminação no momento da aquisição das imagens, não apresentando um comportamento regular, como mostrado nas Figuras 9.9, 9.14 e 9.19. As demais características tiveram um comportamento bem regular, como visto na Tabela 9.3, que apresenta um resumo do comportamento das características de Haralick, aplicadas às imagens dos Pacientes 1 e 2 .

## 9.5. Conclusões Finais

Este trabalho teve como finalidade principal a demonstração da aplicabilidade das características de Haralick em texturas, para uso em imagens de úlceras de perna. Para isso foi iniciado o desenvolvimento de uma Ferramenta Gráfica Computacional para servir de auxílio ao profissional envolvido com a medicina, como médicos, enfermeiros e fisioterapeutas, em tarefas envolvendo o acompanhamento de lesões de ordem dermatológica, como úlceras de perna.

Foi proposta uma metodologia de trabalho utilizando de recursos de processamento de imagens obtidas de pacientes portadores de úlceras de perna. Foram então, com a Ferramenta Gráfica Computacional, tomadas diversas amostras

(operação denominada aqui de “janelamento”) das áreas internas das imagens das lesões, a fim de submetê-las ao pré-processamento e extração de características. Essas amostras consistiram de texturas da região da ferida, onde foi feito o estudo comparativo das mesmas, em diferenciadas datas de aquisição, de modo a se observar a evolução da patologia.

Na extração de características, as texturas obtidas foram submetidas à diversas operações envolvendo o uso de estatísticas de segunda ordem, sendo feita aqui a análise via características de Haralick, devido ao seu extenso uso na literatura pesquisada. Toda essa análise teve como objetivo principal se poder chegar a resultados de apoio ao diagnóstico médico.

Foram obtidos resultados a partir de imagens de dois pacientes, sendo estes posteriormente discutidos e apresentados, na forma de gráficos e de tabelas, para a melhor visualização. Nessa etapa, foram observados comportamentos semelhantes em relação às curvas obtidas dos cálculos das características de Haralick, para as imagens dos dois pacientes, como foi apresentado na Tabela 9.3, onde curvas das mesmas características para cada um dos pacientes se comportaram da mesma maneira, ou seja, crescendo ou decrescendo em seus gráficos, conforme a característica abordada. Foi também feita uma discussão dos resultados das características com o processo de cicatrização da lesão.

Foi observado que as curvas dos Pacientes 1 e 2 apresentaram um mesmo comportamento, sendo crescentes ou decrescentes, como mostrado nos Gráficos das Figuras 9.8 a 9.22, excetuando-se a característica **Contraste**, por não apresentar um resultado uniforme. Essa característica é altamente dependente das condições de iluminação presentes no momento da aquisição das imagens, o que não torna o seu uso confiável para a análise, como visto nas Figuras 9.9, 9.14 e 9.19. As demais características apresentaram um comportamento regular, sendo as curvas do Paciente 2 mais estáveis dentro do período de tempo analisado no trabalho, o que mostrou que a estabilidade dos gráficos dessas características estão relacionados diretamente à taxa de cicatrização crescente, pois esse paciente teve uma melhora (formação de tecido de granulação) muito maior que o Paciente 1, dentro do período analisado.

As curvas do Paciente 1 não apresentaram estabilidade, o que mostra que esse paciente ainda não atingiu um estágio mais avançado de cicatrização, como ocorrido com o Paciente 2. Esses tipos de resultados são importantes sob o ponto de vista clínico e, sobretudo, para o paciente, pois o paciente tendo conhecimento que sua patologia está sendo curada, resultado este fornecido pelo profissional da área médica em conjunto com o programa aqui desenvolvido, pode se sentir mais confiante para continuar o tratamento. É de extrema importância que o paciente se sinta seguro de que está sendo curado e que tenha recursos que possam lhe assegurar isso, juntamente com a opinião médica.

Em resumo, as características indicativas de um processo crescente de cicatrização, de acordo com os resultados obtidos, devem comportar-se da maneira explicitada na Tabela 9.4.

<b>Característica</b>	<b>Comportamento da Curva</b>
Homogeneidade	Decrescente
Dispersão	Crescente
Concentração	Decrescente
Ordenação	Decrescente

**Tabela 9.4; Comportamento das curvas das características de Haralick, para o caso das imagens de úlceras de perna**

Novamente, a característica **Contraste** não figurou na Tabela 9.4 por não apresentar resultados conclusivos a este trabalho.

A seguir são apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros, como sugestões para a continuidade de trabalhos no tema sobre ferramentas de apoio ao diagnóstico médico, especificamente no caso de úlceras de perna.

## 9.6. Sugestões para Trabalhos Futuros

Para o prosseguimento do tema abordado no trabalho, são sugeridas a seguir algumas propostas de trabalhos futuros para a continuidade do desenvolvimento da Ferramenta Gráfica, tais como:

- Segmentação das regiões da imagem: desenvolvimento de algoritmos que visem a segmentação das áreas interna e externa à lesão, contribuindo para o processo de reconhecimento automático da área lesada, para facilitar a obtenção das texturas (“janelamento automático”);
- Desenvolvimento de um sistema de aquisição das imagens das úlceras, onde se fixariam determinados parâmetros importantes para a obtenção de imagens de maior qualidade, tais como: iluminação uniforme, distanciamento fixo da câmera em relação ao paciente e uso de dispositivos de captura de alta sensibilidade, entre outros. Isso poderia contribuir para uma padronização para a captura dessas imagens;
- Análises e estimativas estatísticas dos casos dos pacientes portadores de úlceras de perna onde não ocorre o processo de cicatrização, após um determinado período de tempo. Poder-se-ia também fazer uma analogia com os resultados obtidos neste trabalho, onde foram tomados somente os casos que apresentaram melhora clínica (cicatrização constante);
- Análise das componentes de cores que constituem uma imagem, com o auxílio de mecanismos de inferência (lógica nebulosa) ou redes neurais, para classificação das imagens;
- Análise da área externa, ou periférica à lesão, para a obtenção e estudo de informações que possam ter relevância ao acompanhamento de pacientes portadores de úlceras de perna;

- Uso de momentos para o cálculo de área, eixos maior e menor e alongação da região lesada, entre outras medidas possíveis de serem extraídas da ferida, podendo ser utilizados como complemento ao sistema desenvolvido neste trabalho, sendo essas medidas adicionais para auxílio ao diagnóstico do estado da úlcera (BORELLI, J. *et al.* (2000));
- As ferramentas desenvolvidas ou sugeridas neste trabalho podem também ser utilizadas para investigação em outras áreas ligadas à Bioengenharia, como na caracterização da consolidação do tecido ósseo.