

Aplicação de Técnicas de Visão Computacional para Avaliar Qualidade de Radiografias Odontológicas

Costa R. M.¹, Seba Patto V.¹, Souza, R. G.²

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Caixa Postal 131 – 74.001-970 – Goiânia – GO – Brasil

²Centro de Ciências Exatas e Naturais – Universidade Sagrado Coração
Rua Irmã Arminda, 10-70 – Bauru – SP – Brasil.

{ronaldocosta,viniciussebba}@inf.ufg.br, rafsouza21@yahoo.com.br

Abstract. *The digitalization of images generated by x-rays, ultrasound scans, resonances and others have been popularized mainly due to the ease of access and low cost of devices that allow this operation. But incorrect digitalization can cause major disruptions and affect the diagnosis. In this paper we propose a computational methodology based on expert knowledge in radiology to assess computationally the quality of digitalized dental panoramic radiographs. Applying this methodology, it is possible to create techniques to ensure the quality of radiographic imaging.*

Resumo. *A digitalização de imagens geradas por raio-x, ultrassom, ressonância e outros equipamentos têm se popularizado principalmente devido ao fácil acesso e baixo custo de dispositivos que permitem esta operação. Mas a digitalização incorreta pode causar grandes problemas e afetar o diagnóstico. Neste trabalho nos propomos a apresentar uma metodologia computacional baseada no conhecimento do profissional em radiologia para verificar computacionalmente a qualidade das radiografias panorâmicas digitalizadas. Aplicando esta metodologia, é possível criar uma técnica que permita avaliar a qualidade de imagens radiográficas.*

1. Introdução

Os grandes avanços tecnológicos e científicos na área de radiologia permitem hoje um diagnóstico muito mais preciso que nas décadas de 70-80. Novos métodos de diagnóstico por imagem fornecem ao profissional visualização das diversas partes do corpo humano, qualquer que seja a radiação ou onda utilizada. Este avanço em conjunto com a evolução dos dispositivos de digitalização torna a visualização de imagens em consultórios cada vez mais acessível.

A imagem digital de uma radiografia pode ser obtida por intermédio de diversos modelos de câmeras ou *scanners* de custo acessível disponíveis no mercado. Esta facilidade possibilita muitas melhorias como (a) ganho no armazenamento e na recuperação; (b) facilidade na comunicação entre profissional e paciente; (c) melhoria na visualização, graças a ajuste de contraste, brilho e outras técnicas de processamento de imagens; e (d) criação de uma infra-estrutura para implantação de prontuários médicos digitais, além de outras melhorias.

Existem vários métodos de digitalizar imagens, este processo pode ser realizado utilizando *scanners* de reflexão ou *scanners* de transferência, câmeras digitais com uma combinação diferente de sensores, etc.

Qualquer que seja a forma, o processo de digitalizar a imagem é um dos fatores determinantes na qualidade da imagem gerada; seja no quesito resolução ou nas cores geradas este processo pode comprometer completamente a imagem. Kenny e Chapman (2001), Pires *et al.* (2004), Geraldeli *et al.* (2002), Santos (2010).

A digitalização é importante para todo documento ou imagem que não pode se perder com o tempo seja pelo motivo de deterioração natural, seja por outro motivo físico, químico, acidental, etc. que possa comprometer a qualidade do mesmo. Com a evolução da tecnologia, outro motivo que emergiu para justificar a digitalização de imagens: o tempo para recuperação ou acesso a elas.

Porém a grande maioria dos equipamentos utilizados nos consultórios odontológicos possui aproximadamente metade da qualidade das imagens armazenadas pelos filmes radiográficos e não se tem conhecimento de uma metodologia computacional que avalie a qualidade das imagens adquiridas. Abreu (2010).

Em virtude da grande utilização destes equipamentos nos consultórios, e da falta de uma metodologia computacional para avaliar as imagens reproduzidas neles, propomos uma metodologia fundamentada em técnicas de visão computacional para avaliar a qualidade das imagens digitalizadas em consultórios. Em nosso primeiro caso de estudo, foram consideradas radiografias panorâmicas odontológicas.

2. Objetivos

2.1. Motivação

Os profissionais da saúde, incluindo odontólogos, constroem boa parte de seus laudos baseados em diversos tipos de exames laboratoriais e também, em exames baseados em impressões visuais e sensoriais. Dentre os diversos artefatos usados para dar suporte aos laudos médicos e ortodônticos, a radiografia é muito utilizada. Trata-se de um exame de baixo custo e boa eficiência.

Um dos grandes desafios atuais do sistema brasileiro de saúde é a criação de um prontuário eletrônico, que permita o acesso aos dados de pacientes por diferentes médicos em diferentes lugares e momentos. Para que o sistema de saúde chegue a esse ponto, será preciso digitalizar laudos, receitas, diagnósticos, resultados de exames laboratoriais, radiografias, etc. Uma maneira de oferecer suporte aos profissionais da área da saúde e de fornecer apoio à implantação de prontuários eletrônicos é através da verificação de qualidade de radiografias.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar a qualidade de radiografias. Neste primeiro caso de estudo, foram realizadas avaliações de radiografias panorâmicas odontológicas digitalizadas. Segundo os especialistas colaboradores, qualidade das radiografias é de grande importância para a qualidade da avaliação de saúde do paciente e conseqüentemente, para o laudo.

2.2. Objetivos

O objetivo final do trabalho é propor uma metodologia computacional que permita a classificação qualitativa de radiografias digitalizadas baseada no conhecimento dos especialistas em radiologia. Contudo, nesta etapa do projeto, o objetivo é apenas propor uma metodologia de avaliação.

3. Materiais

As radiografias usadas nesse estudo foram selecionadas pelos docentes do curso de pós-graduação *lato-sensu* em Ortodontia da Universidade do Sagrado Coração – Bauru-SP; Brasil.

Para realizar a captura das imagens foram utilizados equipamentos de custo acessível disponíveis no mercado, Scanners de reflexão para utilização em aplicações domésticas e pequenas empresas, sendo estes:

- Epson Stylus CX4700.
- Microtek ScanMaker 9800XL.
- Plustek OpticPro 600P.

3.1. Método

A metodologia proposta para este trabalho visa:

- Submeter imagens digitalizadas por diferentes modelos de equipamentos à avaliação de especialistas em radiologia.
- Comparar os resultados das avaliações dos especialistas com vetores de características extraídas das imagens.
- Criar um paralelo entre as avaliações e as características extraídas.

A captura foi realizada utilizando padronização no posicionamento e resolução, seguindo proposta de Almeida (2000).

3.2. Avaliação dos especialistas em radiologia

As radiografias panorâmicas selecionadas foram digitalizadas pelos equipamentos citados anteriormente. Desta maneira, foram geradas três imagens para cada radiografia. Em seguida, as imagens foram avaliadas por especialistas.

Um grupo de docentes de um curso de pós-graduação *lato-sensu* em ortodontia especificou os quesitos para compor a avaliação:

- Nitidez – este quesito representa o quanto de detalhe a imagem apresenta, o quão fielmente a radiografia reproduz o objeto que foi radiografado, mantendo as margens visíveis e reduzida distorção.
- Contraste – que representa a diferença entre as partes claras e escuras da imagem. O ideal é que o contraste seja médio, apresentando uma escala média de tons de cinza.
- Densidade – refere-se ao grau de escurecimento (geral) da radiografia. Sendo ideal que este parâmetro encontre-se em um nível mediano. Nem tão clara (esbranquiçada) e nem tão escura (enegrecida).

Cada especialista deveria atribuir notas de 0 a 10 (zero a dez), sendo 0 (zero) a nota mais baixa e 10 (dez) a nota mais alta cada um dos quesitos.

Por intermédio desta avaliação é possível montar uma tabela de pontuação para cada radiografia digitalizada, conforme demonstra o modelo na Tabela 1.

Tabela 1: Notas atribuídas à radiografia “n” pelo especialista “x”.

Equipamento	Nitidez	Contraste	Densidade
Epson Stylus CX4700	?	?	?
Microtek ScanMaker 9800XL	?	?	?
Plustek OpticPro 600P	?	?	?

Uma nota geral que representa a avaliação dos especialistas é atribuída a cada radiografia. Esta nota é dada pela equação 1.

$$\sum_{i=1}^m \left(\frac{\sum_{j=1}^n ((Nitidez + Contraste + Densidade)/3)}{n} \right) \quad (1)$$

m

Onde: *n* representa o total de digitalizadores.

m representa o total de especialistas.

Através da avaliação é possível criar um *rank* entre todas as imagens.

3.3. Extração de características das imagens

Para cada radiografia é extraído um vetor de características médio.

As características que compõem o vetor são.

- Média dos níveis de cinza.
- Desvio padrão dos níveis de cinza.
- Coeficiente de variação.
- Contraste.
- Correlação.
- Entropia.
- Momento da diferença inverso.
- Segundo momento angular.

Média dos níveis de cinza (md) – representa o valor médio dos níveis de cinza nos setores estabelecidos.

Desvio padrão dos níveis de cinza (dp) – desvio padrão é o desvio dos níveis de cinza em torno da média nos setores estabelecidos.

Coeficiente de variação (cv) – O coeficiente de variação é dado pela equação 2 e retrata o coeficiente de variação dos níveis de cinza nos setores selecionados.

$$cv = \frac{dp}{md} \quad (2)$$

onde: dp é o desvio padrão;

md é a média.

Contraste (con) – Mede a presença de transição abrupta de níveis de cinza, isto é, as bordas. Baixos valores indicam a ausência de bordas na área de interesse. Neste caso, a matriz de co-ocorrência de níveis de cinza apresenta valores concentrados em torno de sua diagonal principal. O contraste é calculado pela equação 3. Haralick e Shanmugan (1973).

$$con = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(i-j)^2 \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \quad (3)$$

onde: i é o total de linhas da matriz.

j é o total de colunas da matriz.

$p(i, j, d, \theta)$ é o valor da célula de linha i , coluna j distância d e ângulo θ .

Correlação (cor) – mede a dependência linear entre os níveis de cinza de pares de pixels. Valores próximos a um implicam numa forte relação entre os níveis de cinza dos pixels. A correlação é dada pela equação 4. Haralick e Shanmugan (1973).

$$cor = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{i \cdot j \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} - \mu_i \cdot \mu_j}{\sigma_i \cdot \sigma_j} \quad (4)$$

$$\text{onde: } \mu_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{i \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j}$$

$$\mu_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{j \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{i^2 \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} - \mu_i^2}$$

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{j^2 \cdot p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} - \mu_j^2}$$

Entropia (ent) – A entropia mede a desordem em uma imagem. Quando a imagem não apresenta textura uniforme, os valores da entropia tendem a ser muito

baixos. A entropia alcança seu valor máximo quando os pixels na área de interesse apresentam níveis de cinza com valores aleatórios. A entropia é dada pela equação 5. Gonzaga e Moreno (2004).

$$ent = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j} \cdot \log\left(\frac{i \cdot j}{p(i, j, d, \theta)}\right) \quad (5)$$

Momento da diferença inverso (mdi) – Quando a concentração dos valores na diagonal da matriz de co-ocorrência for máxima, o momento da diferença inverso atinge o valor máximo. O *mdi* é calculado pela equação 6. Martins (2005).

$$mdi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{1 + (i - j)^2} \cdot p(i, j, d, \theta) \quad (6)$$

Segundo momento angular (sma) – Esta medida avalia a uniformidade textural, que é a repetição de pares de níveis de cinza. Quando a área de interesse apresenta textura uniforme (valores de níveis de cinza próximos) o valor tende para 1. Caso a área não seja uniforme o valor tende a 0 (zero). O *sma* é dado pela equação 7. Haralick e Shanmugan (1973).

$$sma = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{p(i, j, d, \theta)}{i \cdot j}\right)^2 \quad (7)$$

Para que o vetor de característica represente de forma precisa uma imagem, a mesma foi segmentada em setores. Assim, cada uma das características foi extraída de todos os setores apresentados na figura 1. A medida que compõe o vetor final é a média aritmética das medições dos setores nas três digitalizações dos diferentes equipamentos.

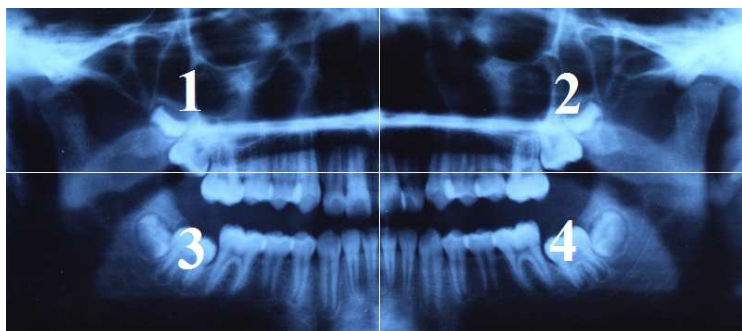


Figura 1: Representação dos setores na imagem.

O vetor de características é associado a cada radiografia assim como o conceito atribuído pelos especialistas.

Como o objetivo do trabalho é propor uma metodologia de classificação, foram estabelecidos os conceitos bom, médio e regular que indicam a qualidade da radiografia.

Para tal foram seleccionadas as radiografias 1, 7 e 15 (que se encontram nos extremos e a radiografia que se encontra da metade do *rank*).

Desta forma, os vetores de características das três radiografias seleccionadas representam parâmetros que podem ser utilizados para classificar a qualidade de radiografias panorâmicas odontológicas digitalizadas.

Apenas os três conceitos foram utilizados neste trabalho (bom, médio e regular), contudo é possível criar uma classificação maior composta de mais conceitos (ex: ótimo, muito bom, boa, razoável e regular) com a seleção de mais radiografias do *rank*.

Para verificar a qualidade de uma radiografia, é calculada a distância euclidiana dos respectivos vetores de características. A distância euclidiana entre dois vetores de características A e B, pode ser calculada conforme apresenta a equação 8.

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2} \quad (8)$$

Onde: n é o número de características

Assim, para verificar a qualidade de qualquer nova radiografia basta calcular a distância euclidiana entre o vetor de características desta e os vetores de características das radiografias que possuem o conceito bom, médio ou regular.

Creemos ser possível em um próximo trabalho, construir uma ferramenta computacional capaz de avaliar radiografias panorâmicas fornecendo parâmetros que auxiliem o diagnóstico do radiologista.

4. Resultados

A tabela 2 apresenta os valores apurados para a melhor, média e pior radiografia segundo a avaliação dos especialistas com seus respectivos vetores de características.

A figura 2 apresenta um gráfico do vetor de características das três imagens normalizado pelo valor máximo em percentuais

Tabela 2: Notas e vetor de características das três radiografias seleccionadas.

<i>Nota</i>	<i>md</i>	<i>Dp</i>	<i>cv</i>	<i>con</i>	<i>cor</i>	<i>ent</i>	<i>mdi</i>	<i>sma</i>
7,83	93,73	36,61	0,42	926	1,03	36,7	811	6,93
6,91	101,62	42,96	0,45	1073	1,02	49,2	878	7,75
4,91	43,91	24,83	0,55	950	1,01	59,8	681	4,97

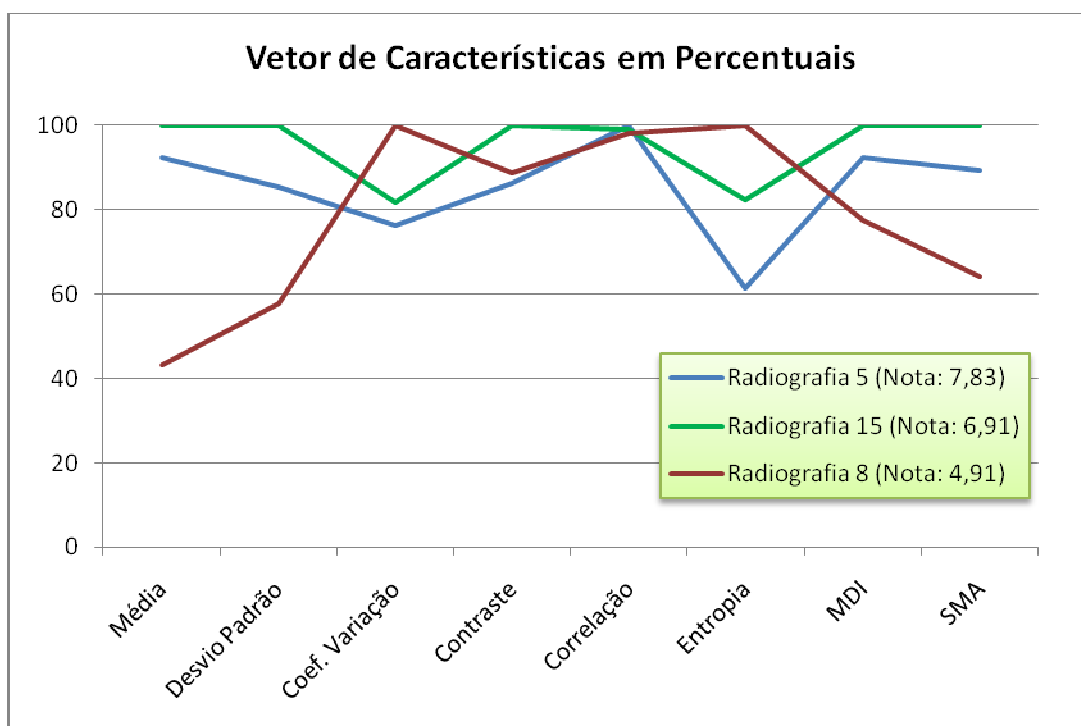


Figura 2: Vetores de características normalizados pelo valor máximo em percentual.

É possível observar que os valores são discriminantes, tornando possível a aplicação da metodologia proposta

5. Discussão

O presente trabalho não pretende estabelecer parâmetros para classificar qualitativamente radiografias panorâmicas odontológicas digitalizadas e sim propor uma metodologia de avaliação.

Os equipamentos utilizados são todos de baixo custo, disponíveis no mercado. A intenção é tornar a metodologia acessível ao maior número possível de profissionais.

Os parâmetros de avaliação relacionados no vetor de características proposto podem ser reavaliados. Outros parâmetros além destes podem ser inseridos, permitindo uma avaliação mais completa.

A criação de um banco de imagens com um número maior de digitalizações e um rol maior de avaliadores pode contribuir muito para o enriquecimento da metodologia proposta.

6. Conclusão

O trabalho apresenta que é possível criar uma ferramenta computacional capaz de avaliar qualitativamente radiografias digitalizadas.

Pretende-se dar continuidade ao trabalho aumentando o número de imagens e também a participação de maior número de especialistas avaliadores.

Esta metodologia pode ser aplicada para outros tipos de radiografias, possibilitando a construção de ferramentas computacionais. A intenção não é substituir o conhecimento do especialista em radiologia, mesmo porque toda a metodologia depende diretamente do conhecimento deste, e sim fornecer ferramentas de apoio ao profissional.

A aplicação desta metodologia pode ainda progredir para avaliação de outras características de uma radiografia, não apenas a avaliação de qualidade, mas também indicadores que auxiliem a tomada de decisões pelos profissionais.

7. Agradecimentos

Aos docentes e alunos do curso de pós-graduação *lato-sensu* em ortodontia da Universidade do Sagrado Coração – Bauru-SP; Brasil.

8. Referências

- Abreu M. V., Araujo A. A., Ferreira E. F., Neto F. H. (2010) “Imagem Radiográfica Digital Odontológica”, <http://www2.dcc.ufmg.br/laboratorios/npdi/workshop/wti2004/artigos/p068-abreu.pdf>, Março.
- Almeida S. M., Oliveira A. E. F, Paganini G. A., Haiter Neto F., Bóscolo F. N. (2000) “Avaliação da qualidade das imagens digitais adquiridas com diferentes resoluções em um sistema de armazenamento de fósforo”, *Pesquisa Odontológica Brasileira* v.14, n.3, p. 262-267, Julho/Setembro.
- Geraldeli F. E., Carvalho A. C. P., Koch H. A., Azevedo, A. C. P. (2002) “Produção de material instrucional para o ensino da radiologia por meio da digitalização de imagens”, *Radiol Bras* v.35, n.1, p. 27-30, Janeiro.
- Gonzaga, A., Moreno, R.P. (2004) “Biometric Method for Personal Authentication Based on Iris Texture Features”, In: *The 4th IASTED International Conference on Visualization, Imaging, and Image Processing*, Vol. 1, p. 1-5.
- Haralick, R.M.; Shanmugan, M.K. (1973) “Computer classification of reservoir sandstones”, *IEEE Trans. on Geoscience Electronics*, Vol.11, no. 4, p.171-177.
- Kenny A. R. e Chapman S. (2001) “Requisitos de resolução digital para textos: métodos para o estabelecimento de critérios de qualidade de imagem”, Rio de Janeiro, 2ª ed., cap 5.
- Martins, S. P. (2005) “Classificação de imagens textural de imagens radarsat-1 para discriminação de alvos agrícolas”, São José dos Campos, INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado.
- Pires, S. R., Medeiros, R. B. e Schiabel H. (2004) “Banco de imagens mamográficas para treinamento na interpretação de imagens digitais”, *Radiol Bras* v.37, n.4, p. 239-244, Abril.
- Santos V. (2010) “Segmentação de Imagens Mamográficas para Detecção de Nódulos em Massa Densas”, <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18133/tde-16042003-183808/publico/Viviantol.pdf>, Abril.