

## **Ensaio e Ciência**

Ciências Biológicas,  
Agrárias e da Saúde

Vol. 15, Nº. 4, Ano 2011

### **Angélica Moises Arthur**

*Universidade Estadual de Campinas  
Unicamp*

angelicafisio.arthur@gmail.com

### **Yuzo Iano**

*Universidade Estadual de Campinas  
Unicamp*

yuzo@decom.fee.unicamp.br

### **Patrícia Dotto Turuda**

*Universidade Estadual de Campinas  
Unicamp*

patdotto@gmail.com

### **Roger Fredy Larico**

*Universidade Estadual de Campinas  
Unicamp*

rlarico@gmail.com

### **Rangel Arthur**

*Universidade Estadual de Campinas  
Unicamp*

rangel@ft.unicamp.br

Anhanguera Educacional Ltda.

Correspondência/Contato  
Alameda Maria Tereza, 4266  
Valinhos, São Paulo  
CEP 13.278-181  
rc.ipade@aesapar.com

Coordenação  
Instituto de Pesquisas Aplicadas e  
Desenvolvimento Educacional - IPADE

Revisão de Literatura  
Recebido em: 27/10/2011  
Avaliado em: 17/11/2011

Publicação: 23 de março de 2012

# **TÉCNICAS DE ANÁLISE DA RETINA HUMANA: REVISÃO BREVE SOBRE OS RECURSOS E AS RENOVAÇÕES PROPEDÊUTICAS DISPONÍVEIS À PREVENÇÃO E O DIAGNÓSTICO PRECOCE DAS COMPLICAÇÕES VASCULARES DA RETINA ASSOCIADAS ÀS DOENÇAS SISTÊMICAS**

---

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre as principais técnicas propedêuticas em oftalmologia voltadas ao diagnóstico precoce de doenças da retina humana, com ênfase às vasculopatias diabética e hipertensiva. Nesse contexto, são apresentados os principais equipamentos disponíveis na atualidade, descrevendo as principais técnicas utilizadas à obtenção, ao processamento, à análise, e à caracterização das imagens fotográficas da retina. São abordados os empregos de filtros digitais, transformadas, operadores morfológicos e extrapolações de possíveis variáveis que expressem aspectos morfofuncionais desse tecido. Discute-se brevemente a atual possibilidade de estudo da vasculatura retiniana, dispensando-se o uso de contraste intravenoso.

**Palavras-Chave:** imagens da retina; patologias da retina; processamento digital de imagens; propedêutica

---

## **ABSTRACT**

This paper aims to discuss the main propaedeutic techniques in ophthalmology, including those aimed at obtaining, processing and image analysis, applicable to prevention and early diagnosis of diseases of the human retina with emphasis on diabetic and hypertensive vasculopathy. In this context, we present the main equipment available today, describing the main techniques used for acquisition, processing and feature extraction of images from the retina. For this, digital filters are discussed, and transformed using morphological operators, culminating in extrapolations of possible variables that express the function of this tissue, and the study of retinal vasculature, without the use of intravenous contrast.

**Keywords:** retinal imaging; retinal pathologies; image digital processing; propaedeutics.

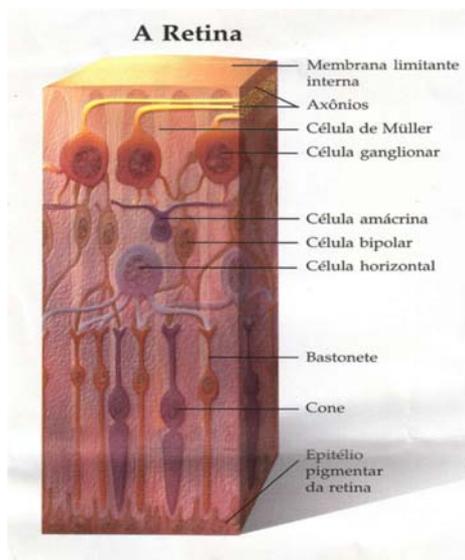
## 1. INTRODUÇÃO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima o número atual de deficientes visuais em 180 milhões. No Brasil, cerca de 16,5 milhões de pessoas possuem alguma deficiência visual, distribuídas entre causas reversíveis e irreversíveis. Os defeitos refrativos (miopia, astigmatismo) e a catarata lideram as causas reversíveis de deficiência visual, sendo seguidos pelas causas irreversíveis, como o glaucoma e as distrofias retinianas, e pelas evitáveis, tais como as vasculopatias retinianas subseqüentes a doenças sistêmicas tais como o Diabetes Mellitus e a Hipertensão Arterial Sistêmica.

A atual previsão da OMS é a incidência de 300 milhões de diabéticos no mundo até 2025, corroborando a assertiva Dall Bello (2010). Segundo esse autor, a retinopatia diabética é um problema de saúde pública mundial, por isso medidas diagnósticas preventivas capazes de diminuir a progressão da doença podem reduzir a incidência de cegueira associada a essa doença. A retinopatia hipertensiva, segundo (SILVA; SILVA; HERKENHOFF, 2002), é o resultado final dos distúrbios autorregulatórios da vasculatura sanguínea. Os vasos da retina em resposta ao aumento crônico da pressão arterial, sofrem alterações que geram grande impacto na camada de fibras nervosas da retina, onde circulam, e que comprometem o metabolismo tecidual da retina interna. Além disso, é importante salientar que toda a microvasculatura corporal está sujeita a essas mesmas alterações, observáveis ao fundo de olho, particularmente órgãos-alvo tais como o rim, o cérebro e o coração. Assim sendo, a avaliação do *status* vascular da retina é imprescindível ao estadiamento e ao acompanhamento evolutivo dessas doenças, com impacto substancial na prevenção da cegueira causada por essas morbidades.

## 2. IMPACTO DA HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA E DO DIABETES MELLITUS NA RETINA NORMAL

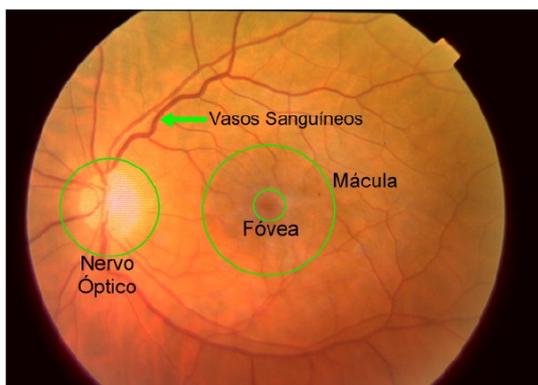
A retina é um tecido fotossensível que recobre a face interna do segmento posterior do globo ocular. Os elementos celulares da retina estão representados esquematicamente na Figura 2.1, e guardam uma relação topológica entre si, semelhante ao observado no córtex cerebral. Os principais são os fotorreceptores, divididos em cones (sensíveis a altos níveis de iluminação) e bastonetes (sensíveis a baixos níveis de iluminação) que têm a função de transformar os estímulos luminosos em impulsos elétricos, os quais são transmitidos através da retina interna (células horizontais, bipolares e ganglionares) ao nervo óptico e deste, através da via óptica, ao córtex occipital, onde os sinais elétricos são decodificados e a imagem visual é reconhecida e interpretada.



Disposição dos componentes da retina, de fora para dentro do globo ocular: (1) Epitélio pigmentar da retina, (2) fotorreceptores cones, (3) fotorreceptores bastonetes, (4) célula horizontal, (5) célula bipolar (6) célula amácrina, (7) célula ganglionar, (8) célula de Müller, (9) axônios e (10) membrana limitante interna.  
 Fonte: [http://otcjoalves.blogspot.com/2010\\_11\\_01\\_archive.html](http://otcjoalves.blogspot.com/2010_11_01_archive.html).

Figura 2.1. Componentes funcionais da retina dispostos em camada histológica.

O aspecto fundoscópico normal está exemplificado na Figura 2.2, com destaque para o nervo óptico e para a região macular. O nervo óptico é responsável pela transmissão do estímulo nervoso até o cérebro; a mácula, localizada na retina central, é uma área especializada e densamente povoada por fotorreceptores do cone, responsivos ao espectro luminoso vermelho e responsáveis pela refinada capacidade de reconhecer que pontos próximos estão separados, conhecida como acuidade visual.



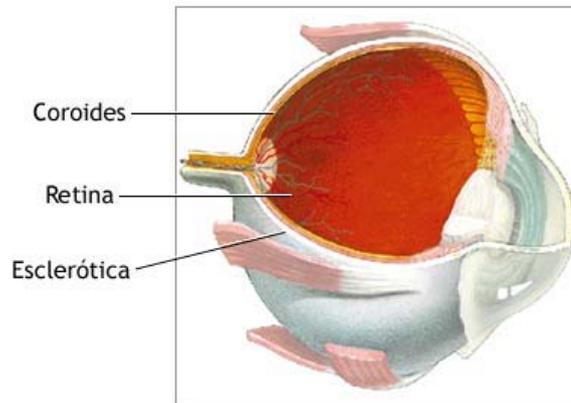
Fonte: (CARVALHO, 2010).

Figura 2.2. Imagem de retina normal e a presença do nervo óptico e da mácula.

O suprimento sanguíneo da retina também é peculiar. As camadas internas da retina são supridas pela artéria central da retina que penetra no globo ocular junto ao nervo óptico. A drenagem ocorre pela veia central retiniana, que desemboca no seio cavernoso. A retina externa, composta pelos fotorreceptores e pelo epitélio pigmentado da retina é nutrida pela coróide (Figura 2.3), localizada entre a retina e a esclera, é a responsável pelo aporte de oxigênio e nutrientes, por difusão.

Os vasos retinianos centrais se bifurcam em ramo superior e inferior, nas hemirretinas nasal e temporal.

A rede vascular possui características que são importantes para o metabolismo como a barreira hemato-retiniana interna e a auto-regulação do débito sanguíneo. Fatores como a pressão de perfusão, resistência dos vasos e viscosidade do sangue afetam a homeostasia retiniana.



Fonte: [http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/9185.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/9185.htm).

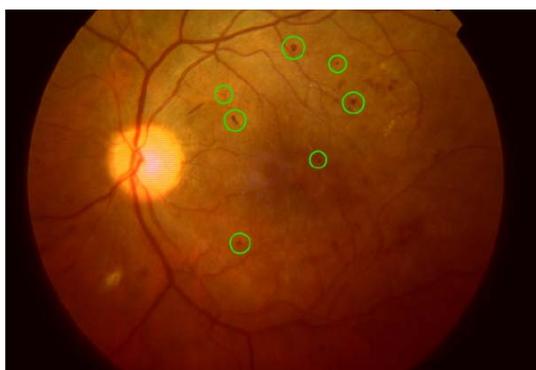
Figura 2.3. Representação da coróide, localizada entre a retina e a esclera.

Dado que a retina é um tecido altamente vascularizado, seu funcionamento pode ser drasticamente afetado na vigência de um suprimento sanguíneo inadequado, ocasionado por obstruções subsequentes à coágulos, arteriosclerose ou por estreitamento das artérias, podendo levar a hemorragias ou hipóxia. A partir disso, pode ocorrer diminuição ou até a perda da visão. Do ponto de vista clínico, tais alterações são também indicativas de alto risco de problemas cardiovasculares associadas, por exemplo, à Hipertensão Arterial Sistêmica descontrolada que poderia ser complicada por um acidente vascular cerebral (AVC). As alterações vasculares associadas à hipertensão arterial sistêmica são: vasoconstrição (diminuição do calibre do vaso por espasmo muscular), tortuosidade arteriolar, indentação do cruzamento artério-venoso, quebra da barreira hemato retiniana (por degeneração da musculatura lisa com perda do endotélio), com extravazamento de plasma e proteínas para o espaço extracelular. A oclusão de arteríolas da retina terminais pode causar uma isquemia focal e necrose das fibras nervosas, dando origem às manchas algodinosas.

Outra causa sistêmica de afecção dos vasos retinianos é o Diabetes Mellitus. Em virtude da instalação insidiosa de alterações vasculares da retina em pacientes com doenças crônicas, o quadro pode ser assintomático e, muitas vezes, é diagnosticado tardiamente, com grave comprometimento tecidual, mesmo que não cause impacto significativo na visão.

A microangiopatia diabética é fruto da perda do mecanismo da auto-regulação retiniana, subsequente à glicosilação do endotélio vascular. Muitas vezes, as alterações retinianas hipertensivas e diabéticas podem se sobrepor, dificultando o diagnóstico diferencial do fator causal. No Diabetes Mellitus, as paredes dos microvasos ficam mais espessas, mais fracas e sofrem deformidades, levando à redução da velocidade do fluxo sanguíneo. As principais deformidades vasculares observadas na retinopatia diabética são os microaneurismas (Figura 2.4) nas arteríolas, e o arrosariamento das paredes venosas. Tais alterações são acompanhadas de incompetência vascular, pela quebra da barreira hemato-retiniana interna, propiciando transudação e/ou exsudação para o tecido retiniano, e originando edema. A sintomatologia do quadro é dependente da região retiniana comprometida.

Como explicitado anteriormente, apesar de graves, tais alterações podem cursar de forma assintomática e atingirem um estágio de comprometimento tecidual irreversível, onde há perda funcional que muitas vezes não pode ser remediada.



Fonte: (CARVALHO, 2010).

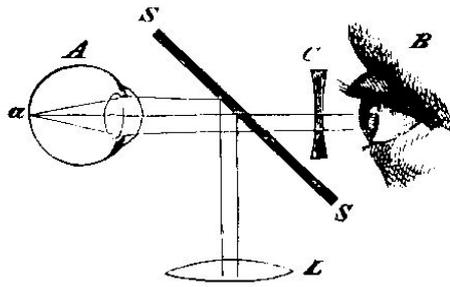
Figura 2.4. Imagem que mostra a presença de microaneurismar.

### 3. OFTALMOSCOPIA

A obtenção e análise de imagens oculares tiveram seu início em 1851, quando o pesquisador Hermann Von Helmholtz desenvolveu o oftalmoscópio direto, cujo princípio de funcionamento está ilustrado na Figura 3.1.

O oftalmoscópio direto é constituído basicamente por lentes, condensadoras convergentes, por uma fonte de luz acoplada e por filtros com diferentes comprimentos da onda luminosa. O uso de diferentes espectros de luz possibilita o estudo de diferentes características da retina. A luz da fonte é agrupada pela lente (Figura 3.1) e direcionada por um espelho até o olho do paciente. A luz que sai do olho reflete no espelho e alcança o olho do observador (YANOFF; DUKER, 2003). A Figura 3.2 mostra uma versão do oftalmoscópio direto, disponível comercialmente. A oftalmoscopia direta proporciona

uma imagem direta da retina, com pequeno campo de visão e sem percepção estereoscópica, pois o examinador utiliza apenas um dos olhos para avaliar o paciente.



Fonte: <http://www.psych.ndsu.nodak.edu/mccourt/Psy460/Anatomy%20of%20the%20eye/ophthalmoscope.JPG>.

Figura 3.1. Ilustração do oftalmoscópio desenhado por Von Helmholtz.



Fonte: <http://www.iefusa.org/Catalog/SRS/Images/Products/alphaPlusOphthalmoskop.jpg>.

Figura 3.2. Oftalmoscópio direto comercial.

Em 1947, Charles Schepens desenvolveu o oftalmoscópio binocular indireto (Figura 3.3) (ÁVILA, 2003). O princípio físico do oftalmoscópio binocular indireto é semelhante ao descrito para o oftalmoscópio direto, com modificações que proporcionam uma imagem virtual e invertida da retina, com um maior campo de visão, por meio de um condensador manual (lente biconvexa); a fonte luminosa possui ajuste que pode ser regulável e está acoplada a um capacete, o que permite imagem estereoscópica propiciada pelo exame binocular, além da oportunidade de avaliação de diferentes áreas da retina, incluindo a periferia.



Fonte: [http://www.lfequipamentos.com.br/produtos\\_detalhes.aspx?ProdutoID=1195&CategoriaID=5](http://www.lfequipamentos.com.br/produtos_detalhes.aspx?ProdutoID=1195&CategoriaID=5).

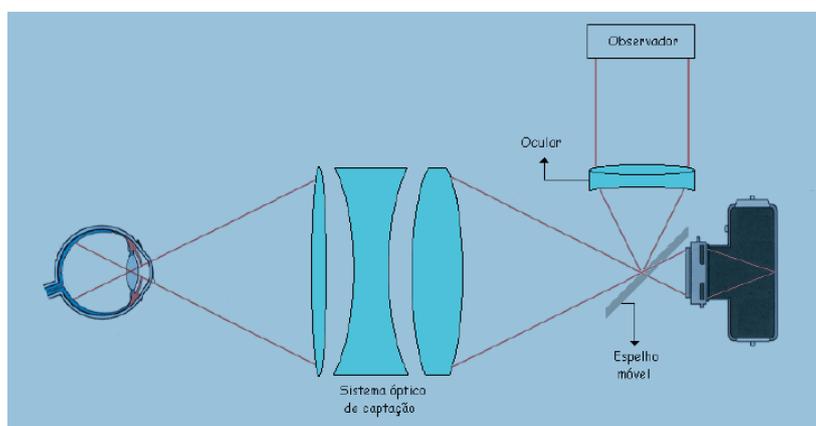
Figura 3.3. Oftalmoscópio binocular indireto proposto por Charles Schepens.

## 4. TÉCNICAS DE IMAGENS DA RETINA

### 4.1. Retinografias simples e contrastada

As alterações da retina podem ser registradas em imagens fotográficas, por meio de um aparelho conhecido como retinógrafo. As retinografias complementam o exame clínico, são necessárias ao diagnóstico e facilitam o seguimento evolutivo das alterações retinianas.

Segundo Carvalho (2006), os primeiros retinógrafos desenvolvidos eram compostos por câmeras convencionais com um sistema óptico, formado por lentes sobre o plano de observação e o plano de captação, permitindo observação direta da retina (Figura 4.1). Eram analógicos e exigiam grandes arquivos, com intervalos demorados entre a captura da imagem em filmes fotográficos. Já sua visualização, impossibilitava obter dados sobre a qualidade das imagens previamente à revelação das fotos. Posteriormente, foi proposto um retinógrafo digital (Figura 4.2), que utiliza sensores fotossensíveis, com o objetivo de capturar os fótons projetados na imagem óptica e transformá-los em sinais elétricos, que são digitalizados. Isso permite a obtenção de imagens da retina em alta qualidade, que podem ser armazenadas e processadas por softwares.



Fonte: (CARVALHO, 2006).

Figura 4.1. Desenho esquemático de um retinógrafo convencional.



Fonte: <http://rrmachadohospitalar.blogspot.com>.

Figura 4.2. Foto de um retinógrafo comercial digital TRC-50DX.

A retinografia fluorescente ou angiofluoresceinografia (Figura 4.3) é uma técnica dinâmica de obtenção de imagens da retina, semelhante à retinografia. As imagens são obtidas em curtos intervalos de tempo, após a injeção endovenosa de um corante amarelo (fluoresceína sódica). A fluoresceína absorve a energia eletromagnética e a transforma em energia luminosa quando estimulada por luz com comprimentos de onda entre 500 e 600nm. Para a aquisição da imagem é necessário que o aparelho de retinografia possua filtros adequados para esse fim, o que permite inferir sobre a integridade funcional do fluxo sanguíneo nos vasos da retina (MORIZOT; AURICH; LOBATO, 2000).



Fonte: <http://deficienciavisual10.com.sapo.pt/sd-retinopatiadiabetica.htm>.

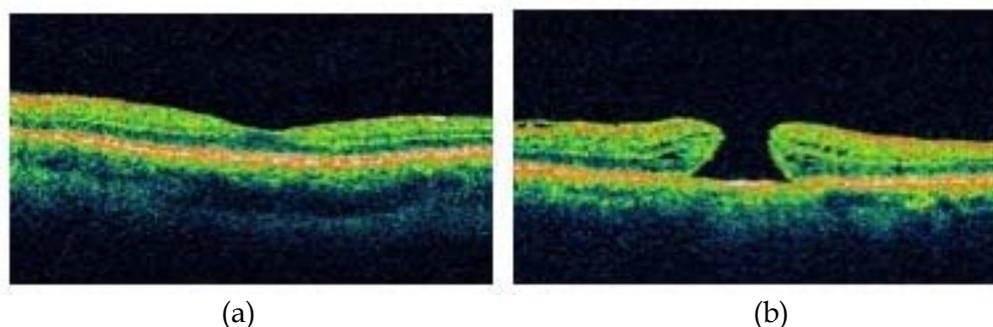
Figura 4.3. Imagem de uma Angiografia fluoresceínica.

A angiografia fluoresceínica é um procedimento complementar que fornece dados importantíssimos ao estadiamento de doenças oculares como a retinopatia diabética, as oclusões vasculares e a degeneração macular relacionada à idade.

#### 4.2. Tomografia por coerência óptica (OCT)

A tomografia por coerência óptica (OCT - *Optical Coerence Tomography*) é um método de imagem da retina não-invasivo, com alta resolução, que utiliza os diferentes

comprimentos de onda de luz infravermelha refletida pelas estruturas retinianas para construir bidimensionais, tridimensionais ou seccionais que possibilitam analisar detalhadamente as diferentes camadas retinianas e inferir dados sobre volume e espessura. Os mapas em falsas cores permitem o estudo da retina “*in vivo*” com imagens muito semelhantes ao esperado para cortes histológicos desse tecido (Figura 4.4).



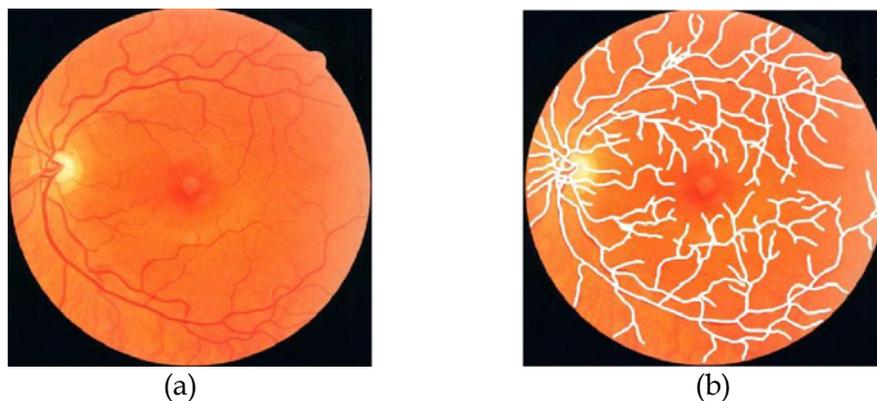
Fonte: (REIVELLESE et al., 2002; SANCHEZ et al., 2002).  
 Figura 4.4. Exame de OCT, Interrupção das camadas da retina na área central da visão.  
 (a) Retina normal (b) Buraco de mácula.

## 5. NOVOS MÉTODOS DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DA RETINA

O processamento de imagens é definido como um conjunto de operações aplicadas à imagem com o objetivo de otimizar a informação, a interpretar e o reconhecimento de seus elementos ou características. Atualmente, muitos trabalhos têm sido propostos visando à otimização da análise das estruturas retinianas, principalmente a vascularização.

Soares (2003) propôs uma ferramenta para o estudo dos vasos da retina com o uso da transformada Wavelet Morlet (ADDISON, 2002), baseada na análise de formas e bordas, o que permite a detecção singular dos vasos, a análise fractal e multifractal. Um fractal é um objeto geométrico que pode ser dividido em partes, cada uma das quais semelhante ao objeto original. A análise multifractal pode ser realizada ao se decompor as imagens em vários desses objetos.

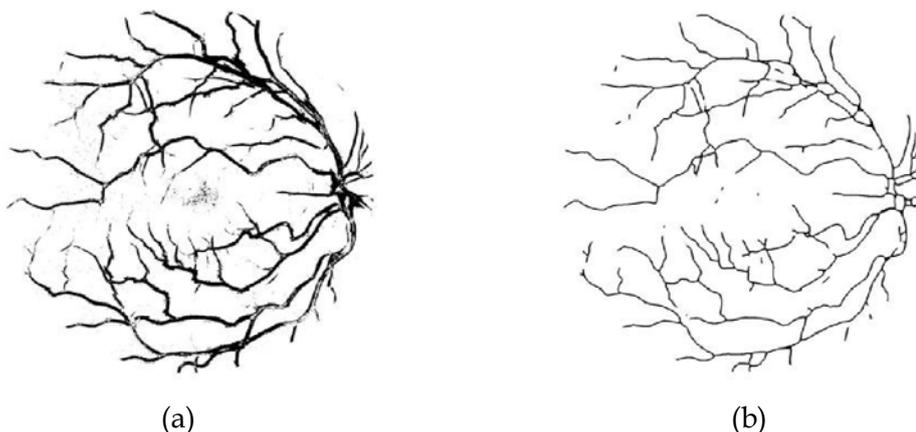
O pré-processamento foi feito de forma manual a partir de uma retinografia simples, gerando uma imagem grosseira e de baixa qualidade, além da dificuldade técnica para o delineamento das arcadas (Figura 5.1).



Fonte: (SOARES, 2003).

Figura 5.1. Exemplo de imagem da retina do tipo non-mydríatic.  
(a) Imagem original (b) Segmentação manual da estrutura vascular da retina.

Para aumentar a eficiência e agilidade do processo, foi aplicado inicialmente um filtro de média (GONZALEZ; WOODS, 1992) na imagem original, reduzindo componentes de alta frequência da imagem. Em seguida, a transformada wavelet é usada na classificação supervisionada de segmentação, a fim de se encontrar os pixels da região de interesse. O pós-processamento visou eliminar ruídos na imagem, sendo usadas técnicas de preenchimento por dilatação morfológica (DOUGHERTY, 1992). A Figura 5.2a mostra o resultado desse processamento. Finalmente, com a aplicação do algoritmo proposto foi possível extrair uma imagem da vascularização retiniana na forma de esqueleto (vide Figura 5.2b), cujo resultado permite quantificar e analisar a estrutura dos vasos.



Fonte: (SOARES et al., 2003).

Figura 5.2. Segmentação dos vasos retinianos.  
(a) Resultado do pós-processamento e (b) Resultado da imagem esqueleto.

Arimoto e Furukawa (2007) desenvolveram um método de processamento de imagens para aumentar a sensibilidade da análise da estrutura morfológica da retina. Propôs-se a aquisição de imagens por meio de diferentes filtros, em variadas bandas de

freqüência, ou seja, em múltiplos espectros. A composição de uma única imagem pela fusão dos múltiplos espectros deu origem ao termo “imagem multiespectral da retina”. O resultado foi o aumento significativo da resolução das imagens fotográficas da retina. No experimento foi usada uma câmera (ADT-100, Flovel, Japão) e filtros com comprimento de onda variando entre 500 a 650 nm.

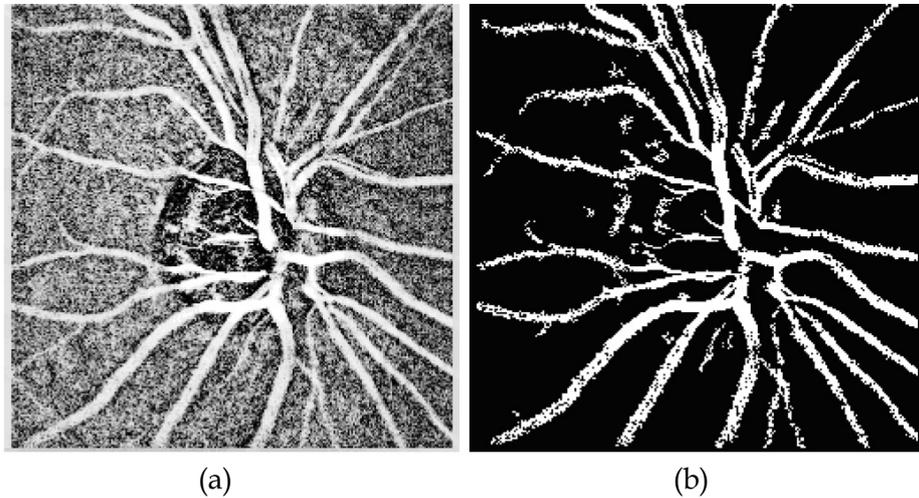


Figura 5.3. Máscaras de filtragem do método proposto em Arimoto et al. (2007).  
(a) Em escala de cinza (b) binário

Foi possível inferir níveis de saturação de oxigênio encontrados por meio das máscaras em nível de cinza e binária, mostrados nas Figuras 5.4a e 5.4b, respectivamente. O algoritmo se mostrou robusto diante de mudanças de intensidade principalmente na extração de vasos de maior calibre próximo ao nervo óptico.

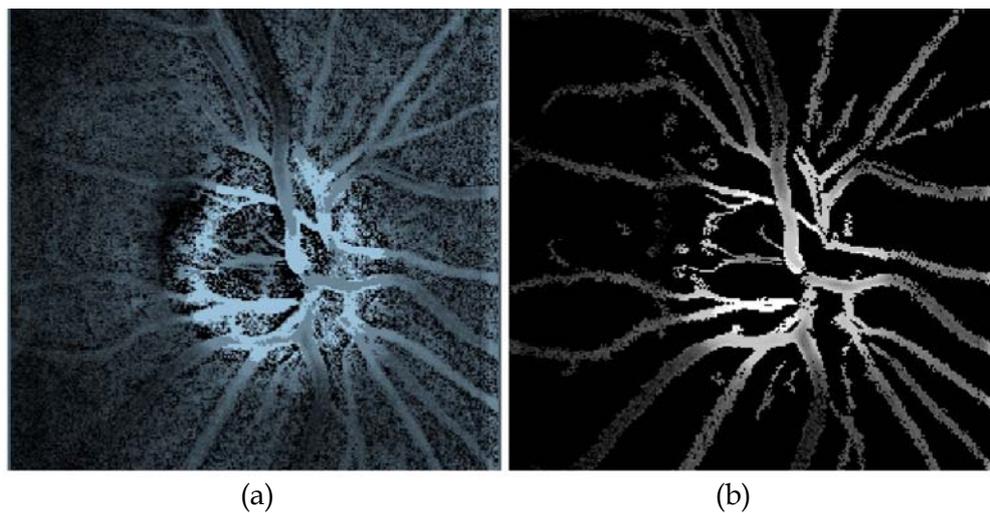
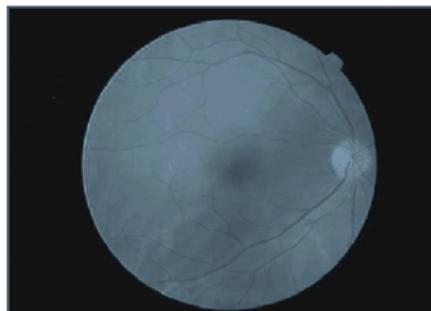


Figura 5.4. Níveis de saturação de oxigênio encontrados pelo método proposto em Arimoto et al. (2007), usando máscaras de filtragem (a) em escala de cinza (b) em binário.

Ozawa (2004) implementou técnicas de processamento de imagens digitais aplicadas em exames de retinografia, com o objetivo de destacar outros tipos de alterações na retina. Foi utilizado um retinógrafo modelo NF-505 NIKON, e a câmera digital do

modelo D1X NIKON, juntamente com um software para captura das imagens, enfatizando o sistema de cores RGB (*red, green, blue*), na aquisição e análise das imagens digitais. O sistema RGB de cores primárias é percebido no olho humano por meio de três pigmentos com comprimentos de onda: 450nm (azul), 530nm (verde) e 630nm(vermelho). As Figuras 5.5 e 5.6 mostram duas imagens que foram encontradas utilizando as componentes vermelha e verde respectivamente.



Fonte: (OZAWA, 2004).

Figura 5.5. Imagem obtida a partir da camada vermelha da imagem, dando destaque ao nervo óptico.



Fonte: (OZAWA, 2004).

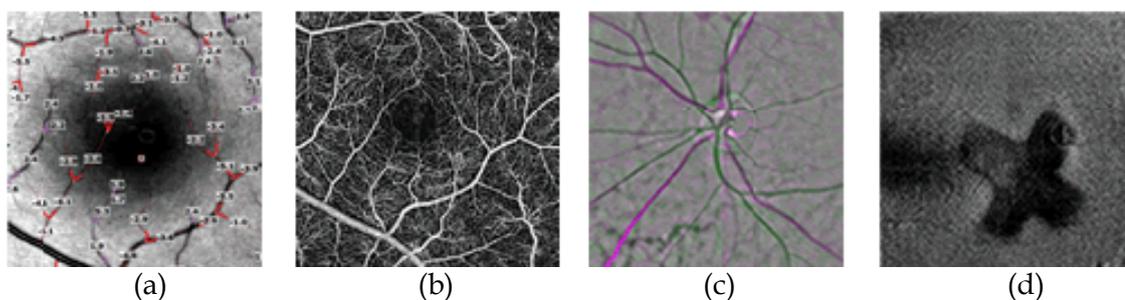
Figura 5.6. Imagem obtida a partir da camada verde da imagem, dando destaque às regiões de artérias.

Nos últimos anos, foi desenvolvido um novo aparelho, ainda não disponível comercialmente, pela empresa *Optical Imaging* (Figura 5.7). Esse equipamento permite o estudo da vascularização da retina, de forma não invasiva, sem a necessidade da injeção endovenosa de contraste e com ótima resolução das estruturas. Possui uma câmera fotográfica acoplada a um conjunto de filtros, com comprimentos de onda que variam de 548 a 600 nm. Permite o estudo da perfusão capilar com mensuração da velocidade do fluxo sanguíneo, conforme pode ser observado nas imagens da Figura 5.8.



Fonte: [http://www.opt-imaging.com/rfi\\_description.asp](http://www.opt-imaging.com/rfi_description.asp).

Figura 5.7. Equipamento de imagem funcional da retina (RFI).



Fonte: [http://www.opt-imaging.com/rfi\\_description.asp](http://www.opt-imaging.com/rfi_description.asp).

Figura 5.8. Imagens obtidas e processadas a partir de um equipamento de imagem funcional da retina, mostrando (a) velocidade do fluxo sanguíneo, (b) mapa de perfusão capilar, (c) imagem multispectral para quantificar a oximetria dos vasos (nível de saturação de oxigênio na circulação sanguínea), e na (d) informações metabólicas da retina.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos métodos propedêuticos estão disponíveis ao estudo das alterações da retina, possibilitando a identificação precoce de alterações ultraestruturais não identificáveis ao exame fundoscópico convencional. Isso contribui ao diagnóstico precoce das alterações vasculares da retina na Hipertensão Arterial Sistêmica e no Diabetes Mellitus, permitindo que os pacientes possam ser encaminhados ao tratamento adequado, buscando intervir precocemente no processo patológico inerente à evolução natural dessas doenças.

A vasta gama de algoritmos de processamento de imagens, com destaque aos que utilizam funções de morfologia matemática, pode ser aplicada para aumentar a sensibilidade dos métodos de imagem da retina. A geração de imagens morfofuncionais da retina e o aumento da sua resolução por meio do processamento digital por funções de morfologia matemática abrem um amplo e inovador campo para pesquisa científica,

refinam o estudo da fisiologia da retina humana “*in vivo*”, e contribuem com novas estratégias propedêuticas para a prevenção da cegueira.

## REFERÊNCIAS

- ADDISON, P.S. **The Illustrated Wavelet Transform Handbook**. Institute of Physics, 2002.
- ARIMOTO, H.; FURUKAWA, H. **Retinal blood oxygen saturation mapping by multispectral imaging and morphological angiography**. Engineering in Medicine and Biology Society, 2007.
- ÁVILA, M. A retina no Século XXI. **Arq. Bras. Oftalmologia**, v.66, p.719-30, 2003.
- CARVALHO J.T. **Aprendizado de máquina para detecção de exsudatos duros em imagens de fundo de olho**. 2010. Tese (Doutorado) - Instituto de Computação - Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas.
- \_\_\_\_\_. **Desenvolvimento de um sistema óptico para retinografia**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Carlos, São Carlos.
- DAL BELLO, F.B. Retinopatia diabética como tema gerador de cohecimento. Curso de biomedicina. Anhanguera Educacional, 2010.
- DOUGHERTY, E. **An Introduction to Morphological Image Processing**, SPIE. Optical Engineering Press, 1992.
- GONZALEZ, R.C.; WOODS, R.E. Digital Image Processing. 1.ed. [S.l.]: Addison-Wesley, 1992.
- MORIZOT, Eduardo; AURICH, Julio dos Santos; LOBATO, Ingrid Vieira. Avaliação da retinopatia diabética em pacientes encaminhados para angiografia fluoresceínica em hospital de referência, **Rev. bras. oftalmol**, v.59, n.7, p.503-506, jul. 2000.
- OZAWA, M.D. Processamento e reconhecimento de imagens digitais da retina humana. 2004. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) - Departamento de Ciência da Computação - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- REIVELLESE, M.; GEORGE, A.; SULKES, D.; REICHEL, E.; PULIAFITO, C. Optical coherence tomography after laser photocoagulation for clinically significant macular edema. **Ophthalmic Surg Lasers**, v.31, n.3, p.192-7, 2002. Relatório Técnico, OMS 2003.
- SÁNCHEZ, T.H.; ALVAREZ-VIDAL, A.; MALDONADO, M.J.; MORENO, M.J.; GARCÍA-LAYANA, A. Retinal thickness study with optical coherence tomography in patients with diabetes. **Invest Ophthalmol Vis Sci.**, v.43, n.5, p.1588-94, 2002.
- SILVA, B.P.A.; SILVA, B.V.A.; HERKENHOFF, L.F. Retinopatia Hipertensiva – Revisão. **Arq Bras Oftalmol**, v.65, p.487-93, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abo/v65n4/11581.pdf>>.
- SOARES, B.V.J.; JUNIOR, C.M.R.; LEANDRO, G.J.J.; JELINEK, F.H. Segmentação automática de vasos sanguíneos em imagens de retina usando wavelets e classificadores estatísticos. 2003. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de Ciência da Computação - Universidade de São Paulo - USP.
- YANOFF, M.; DUKER, J.S. **Ophthalmology**. 2.ed. London: Mosby, 2003.

---

### Angélica Moises Arthur

Angélica Moises Arthur é formada em Fisioterapia pela Faculdade Anhanguera de Campinas - unidade 3. Atualmente é aluna de Mestrado da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp, trabalhando na área de imagens médicas.

---

**Yuzo Iano**

O Professor Yuzo Iano graduou-se e obteve o título de doutor na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) onde atua como docente desde 1973. É responsável pelo Laboratório de Comunicações Visuais do Departamento de Comunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Suas pesquisas abrangem a área de telecomunicações incluindo processamento digital de sinais, áudio, vídeo e imagens.

---

**Patrícia Dotto Turuda**

Possui graduação em Medicina pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999). Concluiu residência médica em oftalmologia em 2002 na referida Instituição. Realizou estágio de complementação especializada em retina e vítreo, na FMUSP, no período de 2002 a 2005, com ênfase em retina clínica, eletrofisiologia ocular e retinopatia da prematuridade. Médica assistente da Fundação Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo desde 2005. Atualmente é médica estagiária do setor de eletrofisiologia visual clínica da Universidade Federal de São Paulo (2011), desenvolve estudos na área de medicina experimental e eletrofisiologia no Núcleo de Medicina Experimental da Unicamp.

---

**Roger Fredy Larico**

Engenheiro de Sistemas pela Universidade San Agustín de Arequipa (UNSA) em 2002. Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade estadual de Campinas (Unicamp), em 2007. Doutorando em Engenharia Elétrica no Laboratório de Comunicações Visuais (LCV) do departamento de Comunicações da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação (FEEC/Unicamp).

---

**Rangel Arthur**

Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2002) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Atualmente é professor da Faculdade de Tecnologia da Unicamp.