

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE:2020.2

SEGMENTAÇÃO DE ILHOTAS PANCREÁTICAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL

José Henrique Teixeira

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – Orientador

1 INTRODUÇÃO

Doenças crônicas não transmissíveis representam a principal causa de morte no mundo, sendo responsáveis por 71% (41 milhões) dos óbitos. São doenças de progressão longa que afetam a qualidade de vida das pessoas, dentre as quais estão doenças cardiovasculares, câncer, doenças respiratórias e a diabetes, esta última, representando 4% (1,6 milhão) das mortes (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2018).

Segundo dados levantados pela Federação Internacional da Diabetes (2019), atualmente o número de adultos, com idade de 20 a 79 anos, com diabetes no mundo é de 463 milhões de pessoas, estimando-se para 2045 algo em torno de 700 milhões. Ainda segundo a autora, a diabetes é uma doença crônica séria, caracterizada pelos níveis elevados de açúcar no sangue (hiperglicemia), que ocorre quando o corpo não produz nenhuma ou pouca insulina, ou se torna resistente à insulina e/ou não consegue utilizar efetivamente o que produz, tornando-se indispensável o seu monitoramento ou controle diário.

Rosa *et al.* (2011) apontam que os tratamentos para a diabetes incluem a aplicação de insulina, monitoramento e controle do nível glicêmico através de dieta e exercícios físicos, transplante de pâncreas ou de ilhotas pancreáticas (no caso de pacientes com diabetes do tipo 1). As células beta, que são as células produtoras da insulina, o hormônio responsável pelo controle do nível glicêmico, se encontram amontoadas no centro das ilhotas pancreáticas (ou ilhotas de Langerhans), que são agrupamentos arredondados distribuídos de forma aleatória por todo o pâncreas e compõem a porção endócrina do pâncreas (ROSA *et al.*, 2011). Logo, a diabetes causa efeitos nas ilhotas pancreáticas, como “a redução do seu número e tamanho, infiltração leucocitária, desgranulação das células, pela depleção da insulina armazenada e substituição amilóide no diabetes tipo 2” (COTRAN *et al.* 2000, apud ROSA *et al.* 2011).

Segundo Lemos (2018), estudos recentes buscam encontrar compostos que possam ser usados de forma terapêutica para o tratamento da diabetes melitus tipo 1, doença em que a produção de insulina é comprometida por causa da destruição das células beta. Ainda, pode-se afirmar que tais compostos trazem efeitos positivos, aumentando o nível de produção de insulina e reestabelecendo a população de células beta nas ilhotas pancreáticas. E, que através da análise de microscopia de pâncreas pode-se observar alterações benéficas na configuração morfológica da ilhota pancreática após seu uso, como o aumento da área da ilhota pancreática, devido ao surgimento de novas células beta (LEMONS, 2018; MIRANDA, 2014; ROSA *et al.*, 2011).

Kakimoto *et al.* (2012) destacam que a análise de microscopia é feita de forma semiautomatizada, no qual pesquisadores/biomédicos transferem as imagens das ilhotas para algum software de processamento de imagens como o software ImageJ, em que é possível demarcar o contorno da ilhota pancreática e, através de uma escala, é possível calcular a área e perímetro da ilhota. Já Almeida (2007) afirma que tal processo precisa ser feito individualmente para cada ilhota fotografada, o que é um trabalho laborioso e que consome muito tempo.

Diante deste contexto, propõem-se neste trabalho o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de auxiliar na análise da morfometria de ilhotas pancreáticas, realizando a sua segmentação e extraíndo suas características morfológicas de forma automática.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é disponibilizar uma ferramenta capaz identificar e analisar morfometricamente ilhotas pancreáticas.

Os objetivos específicos são:

- efetuar a segmentação das ilhotas pancreáticas de forma automática;
- extrair características morfológicas, sendo elas a área e a circularidade da ilhota;
- validar e analisar o tempo de resposta da segmentação e extração de medidas morfológicas assim como sua assertividade em relação ao processo manual.

2 TRABALHOS CORRELATOS

Neste capítulo são apresentados trabalhos semelhantes ao estudo proposto por este projeto. A seção 2.1 apresenta um software para análise morfológica de ilhotas pancreáticas (BACCA, 2019). A seção 2.2 discorre sobre um algoritmo para análise automática de imagens microscópica de ilhotas pancreáticas isoladas (HABART

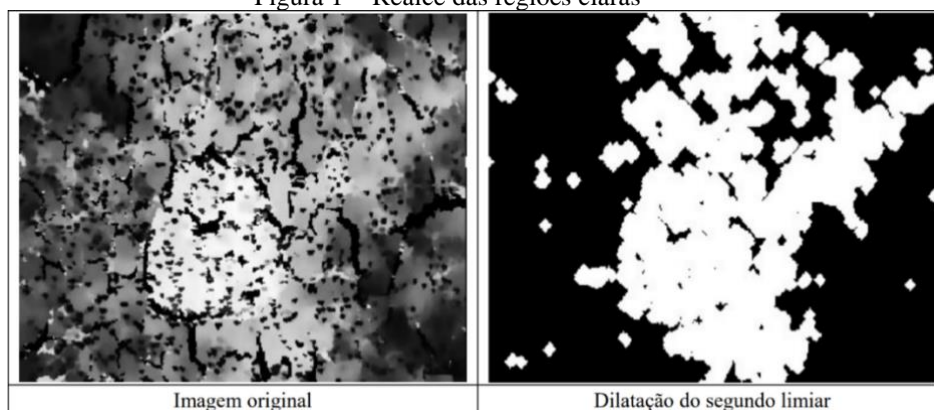
et al., 2012). Por fim, a seção 2.3 descreve sobre uma aplicação para realizar a segmentação e medição da área de ilhotas pancreáticas utilizando um software para análise de tecidos biológicos (KAKIMOTO *et al.*, 2012).

2.1 VONCELL: UM PROTÓTIPO PARA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE ILHOTAS PANCREÁTICAS

Bacca (2019) desenvolveu uma ferramenta que realiza a segmentação de ilhotas pancreática a partir de imagens de microscopia do pâncreas. Além disso, ela disponibiliza informações a respeito da morfometria da ilhota, como área, perímetro e circularidade. O funcionamento da ferramenta se baseia nos operadores morfológicos, que são filtros aplicados na imagem e que podem aumentar a qualidade, suprimindo distorções e ruídos, realçar as partes mais relevantes da imagem, dentre outros efeitos.

De acordo com Bacca (2019) inicialmente a imagem é carregada, seu tamanho é ajustado, e aplica-se um filtro de borrimento para eliminar ruídos. Em seguida, realiza-se uma binarização, utilizando o canal G e um limiar que pode ser informado pelo usuário. O resultado desta etapa é utilizado para eliminar manchas e riscos que não fazem parte da ilhota, ao qual, poderiam atrapalhar a segmentação. Posteriormente, aplica-se o filtro morfológico de abertura (dilatação da erosão), equalização de histograma e novamente uma binarização seguida de uma abertura, tendo como objetivo realçar a parte clara da imagem. A Figura 1 demonstra o resultado deste processo.

Figura 1 - Realce das regiões claras



Fonte: Bacca (2019).

Com a imagem realçada, é realizado um corte, resultando numa região menor, que conterá a ilhota, facilitando sua segmentação. Segundo Bacca (2019) o perímetro da ilhota é definido utilizando o algoritmo `convexHull`, que delimita os pontos mais extremos do contorno. Já o algoritmo `findContours` encontrará a maior região, que será considerada a ilhota. A circularidade da ilhota é definida através do algoritmo `convexHull` e a área através da extração e conversão da escala presente na imagem original. Por fim, o perímetro é estabelecido pelo método `arcLength` (BACCA, 2019).

Bacca (2019) destaca que a ferramenta utiliza dois valores para limiares que podem ser definidos pelo usuário, sendo que o resultado da segmentação depende muito destes valores. Ainda segundo o autor, utilizando os valores padrões nos limiares, 42% das imagens foram segmentadas corretamente. No entanto, o autor ressalta que regulando os valores para cada imagem pode-se segmentar corretamente praticamente todas as ilhotas. Além disso, Bacca (2019) também aponta que se a segmentação da ilhota fosse bem sucedida, a extração da área, perímetro e circularidade ficaria facilitada, pois as características necessárias estariam bem definidas. No entanto, de acordo com Bacca (2019) a ferramenta depende de informações providas pelo usuário, e isso a torna pouco automatizada e dependente de um bom valor informado para se obter um bom resultado. Ainda segundo o autor, o ideal seria que a ferramenta não dependesse dos valores informados pelo usuário, e conseguisse defini-los por conta própria.

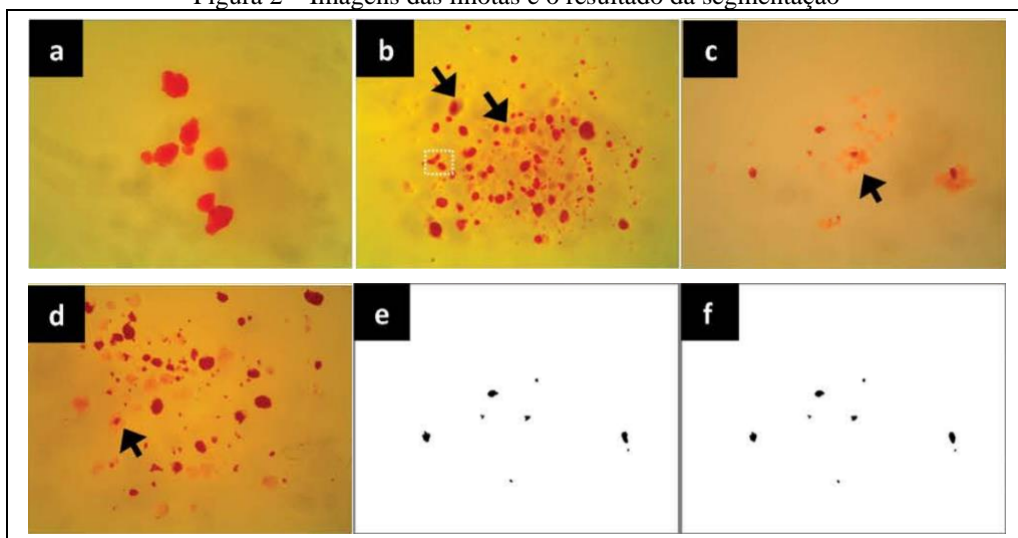
2.2 AUTOMATED ANALYSIS OF MICROSCOPIC IMAGES OF ISOLATED PANCREATIC ISLETS

Habart *et al.* (2016) desenvolveram uma ferramenta para a contagem automatizada de ilhotas pancreáticas presentes em amostras usadas para transplante. Para isso, os autores desenvolveram dois algoritmos, o algoritmo treinável de ilhotas e o algoritmo não treinável de pureza. Inicialmente, o algoritmo das ilhotas corrige as diferenças de iluminação e configuração de câmera normalizando as imagens, assumindo que a cor mais presente é o fundo da imagem, convertendo o fundo para branco. A partir disso, o algoritmo utiliza uma floresta de decisão aleatória para criar um mapa de possibilidades das ilhotas baseados em pixels individuais, usando a cor RGB como

característica. Por fim, a classificação entre ilhota e não-ilhota é feita utilizando o mapa de probabilidade empregado com uma regularização espacial utilizando GraphCut (HABART *et al.*, 2016).

De acordo com Habart *et al.* (2016) o segundo algoritmo calcula a pureza da amostra baseado em uma segmentação de três classes (ilhota, tecido exócrino e fundo) utilizando o algoritmo de clusterização *k-means*, pois observou-se que a maior componente das imagens era o fundo. Já as ilhotas e o tecido exócrino eram facilmente distinguíveis por conta da sua coloração avermelhada e amarelada, respectivamente. Habart *et al.* (2016) utilizaram valores de limiar determinados empiricamente utilizando um conjunto de imagens de pureza conhecida. Por fim, o valor da pureza da amostra é determinado calculando a razão entre a área total de ilhotas pancreáticas e a área de tecido exócrino. A Figura 2 apresenta imagens das ilhotas que foram usadas no trabalho (a-d), (e) mostra a segmentação manual das ilhotas presentes em (c), e em (f) é possível verificar a segmentação automática feita pela ferramenta.

Figura 2 – Imagens das ilhotas e o resultado da segmentação



Fonte: Habart *et al.* (2016)

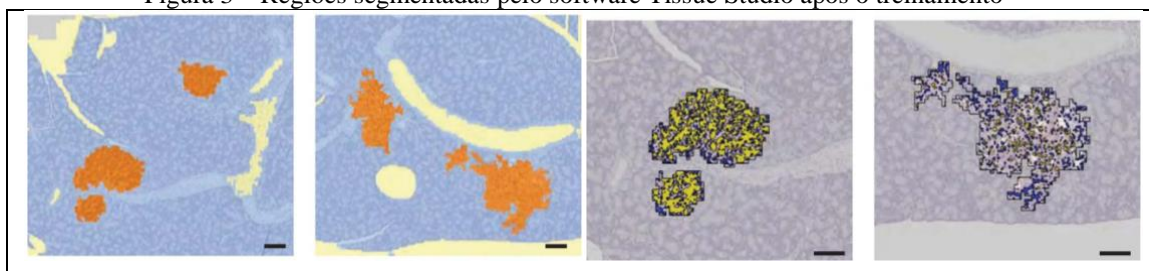
Habart *et al.* (2016) conseguiram realizar a segmentação das ilhotas e calcular a pureza da amostra com resultado compatível com o procedimento realizado manualmente por um operador especializado, mas a análise não foca nas ilhotas individualmente, e sim na qualidade do enxerto. Dessa forma, não extrai nenhuma informação a respeito da morfometria das ilhotas pancreáticas. Portanto, concluem que os algoritmos desenvolvidos ficam limitados ao cenário de análise de amostras para transplante, e não podem ser usados para avaliar a qualidade das ilhotas individualmente.

2.3 AUTOMATED RECOGNITION AND QUANTIFICATION OF PANCREATIC ISLETS IN ZUCKER DIABETIC FATTY RATS TREATED WITH EXENDIN-4

Kakimoto *et al.* (2012) demonstram a utilização de um software de reconhecimento de tecidos biológicos, para realizar a segmentação das ilhotas pancreáticas e analisar o efeito de um composto para o tratamento de diabetes, observando a área e a forma da ilhota. Segundo os autores, inicialmente as imagens de microscopia de pâncreas foram colorizadas com imuno-histoquímica e segmentadas manualmente com o software Image-Pro Plus, um trabalho laborioso e que consumiu muito tempo. A partir disso, utilizou-se o software treinável Tissue Studio para realizar a segmentação automática das ilhotas. O Tissue Studio é um software de processamento de imagens de tecidos biológicos em que é possível treiná-lo para o reconhecimento e segmentação de tecidos/células, sem que ele venha preparado de fábrica para esta utilização.

Kakimoto *et al.* (2012) utilizaram a ferramenta ‘composer training tool’ para treinar o programa para o reconhecimento da área das ilhotas após a segmentação, com a escala definida em 6. A área imuno positiva foi quantificada utilizando a ferramenta ‘marker area detection tool’, com o limiar definido em 0,5. Como pode ser visto na Figura 3, o software identifica pequenos pedaços na imagem e os classifica como ilhota pancreática (laranja), região insulino-positiva (amarelo), ou outra região pancreática qualquer (roxo). Após os ajustes, o programa foi capaz de identificar e segmentar estas regiões pancreáticas em lote.

Figura 3 – Regiões segmentadas pelo software Tissue Studio após o treinamento



Fonte: Kakimoto *et al.* (2012)

De acordo com Kakimoto *et al.* (2012), houve uma forte correlação entre as avaliações manuais e automáticas da área das ilhotas, validando o uso do método automático de quantificação. Com isso, os autores também foram capazes de analisar os efeitos no tamanho e formato das ilhotas, causados pelo composto extendin-4, demonstrando também, que é possível utilizar um método automático para avaliar a eficácia de novos medicamentos e drogas. Contudo, os autores tiveram um grande trabalho para criar as imagens para o treinamento do software, pois precisaram realizar a segmentação manualmente de cada ilhota em todas as imagens para treinar o Tissue Studio.

3 PROPOSTA DA FERRAMENTA

A seguir é apresentada a justificativa para o desenvolvimento desse trabalho, os principais requisitos e a metodologia de desenvolvimento que será utilizada. Também são relacionados os assuntos e as fontes bibliográficas que irão fundamentar o estudo proposto.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo entre os trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos correlatos

Trabalhos	Kakimoto <i>et al.</i> (2012)	Habart <i>et al.</i> (2016)	Bacca (2019)
Características			
Características extraídas	Área da ilhota	Volume e pureza das amostras	Perímetro, área e circularidade da ilhota
Processo de análise	Automático	Automático	Semiautomático
Técnicas utilizadas	Não específica	K-means, GraphCut	Morfologia matemática
Softwares de terceiros	Tissue Studio, Image Pro-plus	ImageJ	Não se aplica

Fonte: elaborado pelo autor.

Como descrito anteriormente, o trabalho de Kakimoto *et al.* (2012) demonstra a utilização de um software de mercado, treinável, para realizar a segmentação das ilhotas pancreáticas automaticamente. O software não vem preparado para realizar este procedimento de fábrica, mas permite que seja treinado. Contudo, o processo de treinamento não é algo trivial, visto que o usuário do software precisa fornecer imagens para este treinamento, e o preparo destas imagens é algo manual, e que consome muito tempo, pois é necessário delimitar a borda das ilhotas individualmente, para que o programa aprenda a reconhecê-las. Usando as ferramentas disponibilizadas pelo software, os autores conseguiram treiná-lo para reconhecer, segmentar e calcular a área de ilhotas pancreáticas a partir de imagens de microscopia de pâncreas. Para demonstrar a utilidade de tal ferramenta, os autores fizeram o uso de um composto para o tratamento de diabetes e conseguiram notar mudanças na configuração e tamanho das ilhotas de organismos saudáveis, doentes e os que receberam o composto para tratamento, denotando um bom resultado da ferramenta, que era correspondente ao processo realizado de forma manual. O produto final realiza a segmentação de forma automática das ilhotas, mas para isso, demandou um grande trabalho manual dos usuários.

O trabalho de Habart *et al.* (2016) foca num cenário diferente, buscando avaliar a qualidade de enxertos de ilhotas pancreáticas que serão utilizadas para transplante, como tratamento para a diabetes. Para automatizar esta tarefa, os pesquisadores desenvolveram algoritmos de aprendizado de máquina para reconhecer as ilhotas

presentes nas amostras dos enxertos, realizar a contagem de ilhotas e determinar a pureza da amostra. Os algoritmos obtiveram um resultado correspondente ao procedimento realizado de forma manual, o que proporciona uma automatização do processo e maior rapidez. Porém, os algoritmos analisam amostras contendo diversas ilhotas em uma única imagem, e por isso, não trazem informações a respeito das ilhotas em si, mas sim, da amostra.

A ferramenta desenvolvida por Bacca (2019) foca na morfometria de ilhotas individuais, trazendo as características morfométricas da ilhota. Nesta ferramenta, o usuário carrega uma imagem de microscopia de pâncreas, contendo uma ilhota pancreática, e informa dois valores para o programa utilizar como limiares, uma parte do processo de identificação da ilhota. Caso os valores tenham sido eficientes para a segmentação da ilhota, o programa devolve a ilhota com seus contornos demarcados, e traz o valor do perímetro, área e circularidade da ilhota, baseados em uma escala que deve estar presente na imagem original. Apesar de trazer informações relevantes a respeito da ilhota, a ferramenta depende muito dos valores iniciais informados pelo usuário, e mesmo que a segmentação tenha sido automatizada, o usuário ainda precisa testar valores para obter a melhor segmentação da ilhota.

Contudo, a partir do Quadro 1 pode-se perceber que os trabalhos de Kakimoto *et al.* (2012) e Habart *et al.* (2016) realizam o processo de detecção das ilhotas pancreáticas de forma automática, enquanto Bacca (2019) apresenta uma ferramenta semiautomática. Os trabalhos de Bacca (2019) e Kakimoto *et al.* (2012) focam em trazer informações das ilhotas em si, enquanto Habart *et al.* (2016) analisam a amostra como um todo. Habart *et al.* (2016) usaram K-means e GraphCut, e Bacca (2019) utilizou morfologia matemática, enquanto Kakimoto *et al.* (2012) utilizaram um software de terceiros, cuja técnica não foi informada. Além disso, Kakimoto *et al.* (2012) e Habart *et al.* (2016) precisaram utilizar softwares de processamento de imagens para preparar as imagens.

Os trabalhos descritos utilizam programas de processamento de imagens que servem para muitas coisas e não especificamente a análise morfométrica das ilhotas, necessitam de procedimentos ou configurações manuais, ou valores providos pelo usuário, sendo assim, nenhum deles realiza a tarefa de forma automática. Dessa forma, este trabalho propõe disponibilizar uma ferramenta que realize a segmentação das ilhotas de forma automática, e informe as características morfométricas da ilhota analisada, sendo elas, a área e a circularidade da ilhota. Espera-se que o seu resultado corresponda aos procedimentos realizados manualmente, e que a ela agilize o processo da análise das ilhotas, podendo ser uma alternativa a falta de mão de obra e maquinários de análise laboratorial especializada.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

A ferramenta a ser desenvolvida deverá:

- permitir ao usuário carregar imagens a serem analisadas (Requisito funcional – RF);
- realizar o realce e melhoramento das imagens (ruídos, distorções e problemas de iluminação) utilizando técnicas de processamento de imagens (RF);
- utilizar técnicas de aprendizado de máquina para a detecção das ilhotas (RF);
- estabelecer medidas morfométricas (área, perímetro e circularidade) das ilhotas segmentadas (RF);
- permitir ao usuário visualizar as detecções e medidas encontradas independente do composto reativo utilizado (RF);
- ser desenvolvida na linguagem de programação Python (Requisito não funcional – RNF);
- ser desenvolvida para a plataforma Windows (RNF);
- utilizar as bibliotecas OpenCV para o processamento de imagens e TensorFlow para o aprendizado de máquina (RNF);
- ser capaz de realizar a análise em um tempo máximo de 1 minuto (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: pesquisar e estudar sobre pâncreas, diabetes, ilhotas pancreáticas e suas características morfométricas, aprendizado de máquina, processamento de imagens e trabalhos correlatos;
- criação da base de imagens: juntar imagens de microscopia de pâncreas contendo ilhotas pancreáticas em tamanho adequado para a análise da sua morfometria. Estas imagens serão utilizadas para o treinamento e validação da ferramenta, quanto mais imagens forem utilizadas, melhores devem ser os resultados, portanto, a busca por estas imagens pode se estender durante todo o desenvolvimento do trabalho;
- rotulação das imagens coletadas: rotular as imagens que serão utilizadas, permitindo assim que o algoritmo possa ter sua assertividade testada;
- pesquisa e escolha do algoritmo de segmentação: pesquisar os principais algoritmos de segmentação

- e) detecção de objetos, escolhendo o adequado para o desenvolvimento do trabalho;
- e) levantamento de formas para extrair medidas morfométricas: pesquisar métodos utilizados para extrair/estabelecer medidas a partir de imagens;
- f) implementação da ferramenta: utilizando as imagens obtidas (a), baseado no conhecimento levantado nos itens (d) e (e) desenvolver a ferramenta para a análise morfométrica de ilhotas pancreáticas;
- g) testes: realizar testes em conjunto com especialistas, os quais fornecerão parte das imagens que irão compor a base de dados, analisando o seu grau de satisfação e a taxa de acerto em relação ao processo manual.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem desenvolvidas

etapas / quinzenas	2020									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
criação da base de imagens										
rotulação das imagens coletadas										
pesquisa e escolha do algoritmo de segmentação										
levantamento de formas para extrair medidas morfométricas										
implementação da ferramenta										
testes										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve brevemente sobre os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: ilhotas pancreáticas, processamento de imagens e visão computacional e, detecção de objetos.

Conforme Magalhães (2020), o pâncreas é uma glândula com função exócrina e endócrina. A porção exócrina, que compreende cerca de 98% do tecido pancreático, é formada pelos ácinos pancreáticos, que secretam as enzimas digestivas que auxiliam no processo de digestão, fazendo com que as moléculas grandes de carboidratos, proteínas e gorduras possam ser quebradas em pedaços menores para seguir até o intestino. A porção endócrina é formada pelas ilhotas pancreáticas (ou ilhotas de Langerhans), dispostas de forma irregular pelo pâncreas, possuem células especializadas que secretam os hormônios glucagon, insulina e somatostatina, que atuam na regulação dos níveis glicêmicos; o glucagon estimula o fígado a liberar mais glicose para a corrente sanguínea, elevando o nível glicêmico, enquanto a insulina estimula a absorção da glicose pelas células, diminuindo sua concentração no sangue, e a somatostatina inibe a produção destes dois hormônios (CARMO, 2020).

A visão computacional é uma área da inteligência artificial focada em fazer com que a máquina seja capaz de detectar e extrair informações de imagens, de forma semelhante a habilidade humana de enxergar. Suas aplicações se tornam cada vez mais comuns e alguns exemplos são: classificação de imagens, detecção de objetos, segmentação, edição e geração de imagens (SOUZA, 2020). É presente também na medicina, para diagnóstico assistido por computador, por exemplo. Neste cenário, o processo de visão computacional pode ser dividido em duas etapas principais. A primeira etapa consiste no processamento da imagem para realce e segmentação, em que a segmentação é a subdivisão da imagem em partes ou objetos que a constituem, utilizando propriedades da imagem como avaliação dos níveis de cinza procurando linhas, bordas, limiares e fronteiras entre os elementos da imagem, ou busca entre regiões com características similares. A segmentação resultará numa região de interesse, ou um conjunto de objetos que descrevem a imagem. Métodos de pré-processamento podem ser utilizados para aumentar a efetividade do processamento da imagem, como filtros para remoção de ruídos, aumento do contraste da imagem, equalização de histograma, dentre outros. A segunda etapa do processo de diagnóstico assistido por computador consiste na quantificação das características da imagem, estas características podem ser compreensíveis para o observador humano comum, como tamanho, forma, contraste, quantidade ou qualquer outro atributo que seja relevante para o problema; após extraí-los, um especialista pode analisar as informações. Contudo, os atributos também podem ser baseados em fórmulas matemáticas que são compreensíveis somente pela máquina, neste caso, o computador que analisa as informações extraídas e pode providenciar um diagnóstico (MARQUES, 2001).

Brownlee (2019) descreve detecção de objetos, como a tarefa conjunta de encontrar um objeto específico em uma imagem digital, desenhar uma caixa delimitadora ao seu redor e classificar o objeto em uma determinada categoria. Segundo o autor, existem duas famílias de algoritmos para realizar essa tarefa, a primeira delas seria a família do modelo Region-based Convolutional Neural Networks (R-CNN), em que os algoritmos são baseados em Convolutional Neural Networks (CNN), como o R-CNN, Fast R-CNN e Faster R-CNN. Brownlee (2019)

explica que nesta abordagem, primeiro a imagem é carregada, são extraídas regiões descritoras, as características são computadas, e por fim, as regiões são classificadas. O autor afirma também, que esta abordagem, apesar de precisa, pode ser lenta, e as variações Fast R-CNN e Faster R-CNN procuram alcançar uma performance maior. Segundo Brownlee (2019), a segunda família de algoritmos é a YOLO (You Only Look Once), esta abordagem envolve uma única rede neural, treinada de ponta a ponta, que a partir de uma imagem, prediz caixas delimitadoras e classifica cada uma delas. Segundo Brownlee (2019), apesar de ser menos precisa, que algoritmos como o Faster R-CNN, o YOLO possui uma performance muito alta, conseguindo fazer a detecção de 45 quadros por segundo, sendo mais voltada para execução em tempo real.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Aline S. **Análise Morfométrica e funcional do Pâncreas de Camundongos Infectados com Trypanosoma cruzi na fase crônica**. 2007. 143 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- BACCA, Guilherme D. R. **VONCELL: UM PROTÓTIPO PARA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE ILHOTAS PANCREÁTICAS**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.
- BROWNLEE, Jason. **A Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning**. Machine learning mastery, 2020. <https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/>. Acesso em: 11 out. 2020.
- CARMO, L. **Histologia do pâncreas**. Disponível em <<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/histologia-do-pancreas>>. Acesso em 11 out. 2020.
- FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DA DIABETES. **IDF Diabetes Atlas Ninth Edition 2019**. 2019. Disponível em: <<https://idf.org/e-library/epidemiology-research/diabetes-atlas/159-idf-diabetes-atlas-ninth-edition-2019.html>>. Acesso em 03 out. 2020.
- HABART, David; ŠVIHLÍK, Jan; SCHIER, Jan; CAHOVÁ, Monika; GIRMAN, Peter; ZACHAROVÁ, Klára; BERKOVÁ, Zuzana; KRÍŽ, Jan; FABRYOVÁ, Eva; KOSINOVÁ, Lucie; PAPÁČKOVÁ, Zuzana; KYBIC, Jan; SAUDEK, František. Automated Analysis of Microscopic Images of Isolated Pancreatic Islets. **Cell Transplantation**, [S.L.], v. 25, n. 12, p. 2145-2156, dez. 2016. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.3727/096368916x692005>.
- KAKIMOTO, Tetsuhiro; KIMATA, Hirotaka; IWASAKI, Satoshi; FUKUNARI, Atsushi; UTSUMI, Hiroyuki. Automated recognition and quantification of pancreatic islets in Zucker diabetic fatty rats treated with exendin-4. **Journal Of Endocrinology**, [S.L.], v. 216, n. 1, p. 13-20, 22 out. 2012. Bioscientifica. <http://dx.doi.org/10.1530/joe-12-0456>.
- LEMOES, Licyanne I. C. **AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO EXTRATO ALLIUM CEPA L. E SULFÓXIDO DE S-METILCISTEÍNA EM RATOS DIABÉTICOS INDUZIDOS POR ESTREPTOZOTOCINA**. 2018. 49 f. Tese (Mestrado em Patologia Clínica) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba.
- MAGALHÃES, L. **Pâncreas**. Disponível em <<https://www.todamateria.com.br/pancreas/>>. Acesso em 11 out. 2020.
- MARQUES, Paulo M. de A. **Diagnóstico auxiliado por computador na radiologia**. Radiol Bras, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 285-293, Oct. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842001000500008&lng=en&nrm=iso>. acesso em: 02 out. 2020.
- MIRANDA, P. H. A. **Potencial Neogênico da Vildagliptina em células beta pancreáticas e efeito potencializador da Quercetina na modulação de parâmetros bioquímicos e histológicos em um modelo experimental de Diabetes mellitus tipo 1**. Ouro Preto, 2014, 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto) – Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Noncommunicable diseases country profiles 2018**. 2018. Disponível em: <<https://www.who.int/nmh/publications/ncd-profiles-2018/en/>>. Acesso em 03 out. 2020.
- ROSA, M. F.; PACHECO, M. R.; GIRARDI, A.M.; SILVA, M. H. M.; SANTOS, E.; BARALDI-ARTONI, S. M. **AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DAS ILHOTAS DE LANGERHANS DE RATOS DIABÉTICOS TRATADOS COM EXTRATOS DE Azadirachta indica (NEEM) E ESTREPTOZOTOCINA 6 CH**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 175-180, 2011.
- SOUZA, Maria F. **Carreira em Visão Computacional: como se preparar para trabalhar na área**. progra{m}aria. 2020. <https://www.programaria.org/carreira-em-visao-computacional-como-se-preparar-para-trabalhar-na-area/>. Acesso em: 04 out. 2020.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?			
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?			
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?			
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?			
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?			
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?			
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?			
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?			
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?			
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **5 (cinco)** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.