

PLANODE TRABALHO

Título do Projeto: Visão Computacional aplicada ao Controle Microbiológico em usinas de açúcar e álcool.

Título do Plano de trabalho: Identificação de Viabilidade de Leveduras utilizando Bag of Words em Imagens Coloridas.

Orientador: Hemerson Pistori (pistori@ucdb.br)

Orientando: Junior Silva Souza.

Curso: Mestrado em Ciência da Computação

1. Antecedentes e Justificativa

O Brasil no período de colonização foi preparado para fornecer produtos ao mercado externo, sob o regimento do rei de Portugal que o dividiu em porções de terras que foram doadas para arrendatários. O primeiro produto a ser cultivado para a exportação foi à cana-de-açúcar, que exigia mão-de-obra (escrava) e processos rudimentares (DOMINGUES, 2011).

No Mato Grosso do Sul houve um aumento do território de cana-de-açúcar após o final do século XX. Integrando as atividades no mercado a partir da implantação do programa Proálcool e depois recebendo incentivos fiscais adotados pelo governo (DOMINGUES, 2010).

No desenvolvimento econômico a busca por novas fontes de energia mais barata e com uso de metodologias sustentáveis, concede o uso e desenvolvimento de novas tecnologias. A produção de etanol tornou-se um setor importante no desenvolvimento e no cuidado com o meio ambiente a partir da cultura da cana-de-açúcar com a adição de novas tecnologias (QUINTA 2009).

A produção do etanol é caracterizada pela fermentação alcoólica, que corresponde à aplicação de leveduras no caldo extraído da cana-de-açúcar, transformando o açúcar em álcool, através de um processo biológico. No processo de fermentação é utilizado o mosto (mistura de melaço e água), que pode ser contaminado por leveduras que não são viáveis ao processo, pois consomem todo o açúcar e não produzem álcool. Surge então a necessidade

de efetuar uma classificação como uma forma de distinguir as leveduras viáveis e inviáveis ao processo de produção do etanol, um meio de efetuar a classificação é através do reconhecimento de formas geométricas (círculos) utilizando a transformada de *Hough* para o reconhecimento de formas e a aprendizagem supervisionada para efetuar a classificação e contagem das leveduras (SILVA, 2012).

O processo de classificação das leveduras no mosto é efetuado por meio de cor e forma. A cor é obtida de amostras diluídas em corante metileno azul, que colore com a cor azul as leveduras inviáveis para análise. As amostras são coletadas e analisadas através de um microscópio, passando por uma análise visual de um especialista que poderá efetuar a classificação da amostra (DOMINGUES, 2011).

A classificação das leveduras pode ser automatizada através do uso de tecnologias como a visão computacional. O projeto BioVic foi desenvolvido com o objetivo de utilizar técnicas de visão computacional para o tratamento de imagens microscópicas na classificação de microorganismos (SILVA, 2012).

A proposta deste trabalho está relacionada à automatização da tarefa de classificação das leveduras. Utilizando o algoritmo *Bag of Words* em imagens coloridas, para construir um histograma de palavras visuais formando um vocabulário para a classificação das leveduras. O fato de usar cor de imagens coloridas decorre como adicional ao algoritmo, ressaltando que a classificação apresenta como uma das características a cor das leveduras.

2. Objetivos

2.1 Geral

Desenvolver uma ferramenta para classificar as leveduras viáveis e não viáveis, utilizando o algoritmo *Bag of words* em imagens coloridas de leveduras obtidas de um microscópio.

2.2 Específicos

Para atingir o objetivo geral definido na Seção 2.1, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Aprofundamento e atualização da revisão de literatura
- Análise de ferramentas de apoio no desenvolvimento do projeto
- Desenvolvimento do módulo de *Bag of Words em imagens coloridas*
- Validação do módulo de *Bag of Words em imagens coloridas*

3. Trabalhos correlatos.

O etanol é uma fonte de energia que faz parte da economia de muitos estados principalmente do Mato Grosso do Sul. Para a produção do etanol pesquisas tecnológicas são aplicadas para auxiliar na qualidade da produção. Assim as pesquisas podem usar a visão computacional para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem nos processos de produção.

3.1 O Etanol no Mato Grosso do Sul

Com a implantação do programa Proálcool no Brasil na década de 1970, alguns estados a exemplo, o Mato Grosso do Sul que iniciou o plantio da cana-de-açúcar com a implantação do Proálcool. Apesar de ser um estado constituído do agronegócio, a dimensão do plantio da cana era pequena, tanto que a partir da década de 1980 o estado começou aumentar sua área de plantio através de incentivos fiscais ligados ao governo. Desde então várias usinas produtoras (álcool e açúcar) tem-se estabelecido no estado (ALEXANDRINO, 2012).

O Etanol é um produto de origem da cana-de-açúcar, fabricado através de processos como a moagem, e fermentação do caldo da cana. Para que a fermentação ocorra é necessária à adição de leveduras, que absorvem o açúcar e o transforma em álcool e gás carbônico (QUINTA, 2010).

3.2 Leveduras

As leveduras são fungos unicelulares apresentando os formatos ovais e/ou esféricos na dimensão de 1 a 5 μm de largura por 5 a 30 μm de comprimento. São organismos anaeróbicos facultativos (crescem na presença ou na ausência de oxigênio) e apresentam um melhor crescimento em ambientes com pH neutro ou ligeiramente ácido. A alimentação é constituída por água e fontes de carbono (ALEXANDRINO, 2012).

No processo industrial são empregados o caldo da cana-de-açúcar mais o melaço (resíduo oriundo da fabricação do açúcar) dando a origem ao mosto. Com a adição de leveduras ocorre o processo da fermentação, que depois de várias outras etapas da produção dará origem ao etanol. Durante os processos em que as leveduras são apresentadas, é necessário efetuar análises através da amostragem de leveduras em laboratório, para obter a classificação das leveduras em viáveis e inviáveis (DIOGO, 2012).

DIOGO (2012) relata que a classificação das leveduras é efetuada no microscópio de maneira visual, ou seja, sem nenhum modo automatizado para a análise, e que o uso de visão computacional poderá auxiliar no desenvolvimento de ferramentas que utilizam algumas técnicas para a classificação de elementos.

Na Figura 1 podemos observar leveduras viáveis e inviáveis, onde a região interna dos círculos de cor vermelha corresponde às leveduras viáveis e os círculos de cor verde correspondem às leveduras inviáveis.

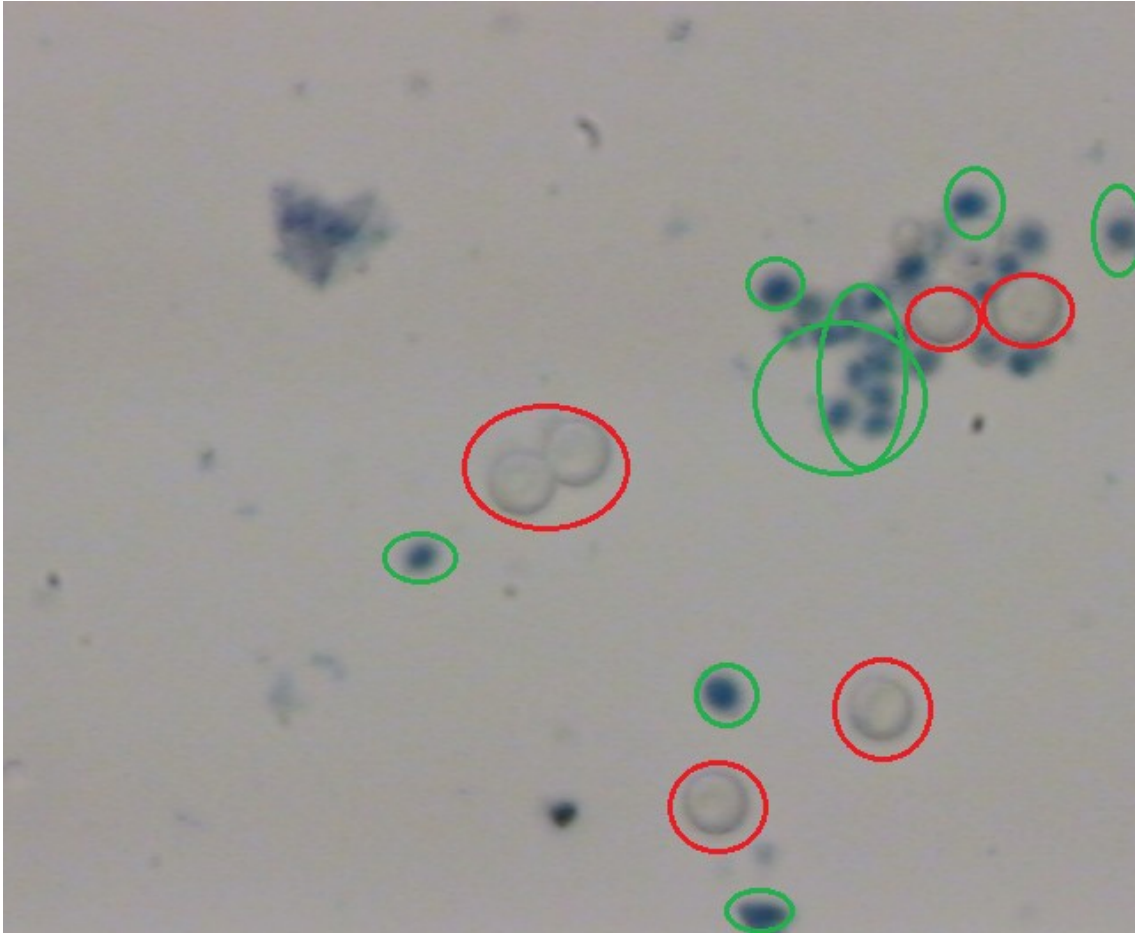


Figura 1 - Amostra de Leveduras.

3.3 Técnicas de visão computacional para a classificação de elementos

O uso da visão computacional para efetuar a classificação de objetos, formas ou cenas pode ser empregado através do estudo e a utilização de algumas técnicas que são aprimoradas conforme o problema e a necessidade. Levantaremos alguns exemplos de técnicas que efetuam a classificação de elementos como células, microorganismos e leveduras.

Bewes (2008) apresenta e implementa a transformada de *Hough* para contagem de colônia de células utilizando a forma geométrica como fator de distinção, para a contagem das células. O trabalho visa melhorar e automatizar o processo dentro do estudo de novas drogas contra o câncer e levando em prática o problema de classificação de colônias de células agrupadas e escala

de cinza, onde fatores de ruído e sobreposição podem dificultar processo de classificação e que é o alvo de estudo no desenvolvimento do projeto.

Kemmler (2011) explora técnicas de segmentação e aprendizagem de máquina para encontrar microorganismos em imagem de microscópio contendo sujeira como poeira. No trabalho foram aplicadas técnicas de segmentação baseadas em forma e aparência. Técnicas de aprendizagem automática são usadas na tomada de decisão para a classificação dos pixels de interesse na detecção de microorganismos após a segmentação (KEMMLER, 2011).

Acevedo (2008) apresenta um trabalho sobre o uso da cor azul no processo de calibração de cor para efetuar a análise de biomassa de leveduras imobilizadas dentro de uma matriz de hidrogel de alginato (substância gelatinosa), e com isto houve uma classificação das leveduras viáveis e inviáveis e o crescimento da colônia de leveduras.

3.4 Algoritmo *Bag of Words*

No campo da visão computacional o algoritmo *Bag of Words* é utilizado no reconhecimento de objetos e/ou cenas. É codificado a partir de um histograma do número de ocorrências de pontos de interesse de um objeto em uma imagem. Possui características como a simplicidade e a eficiência computacional e também é invariante a transformações como a oclusão (CSURKA, 2007).

O *Bag of Words* é composto pelas principais etapas: detecção de pontos de interesse, criação de descritores de características locais para cada ponto de interesse e a quantização dos pontos de interesse para a construção de um vetor de tamanho fixo que permitirá o desenvolvimento de um histograma (VIGO, 2012).

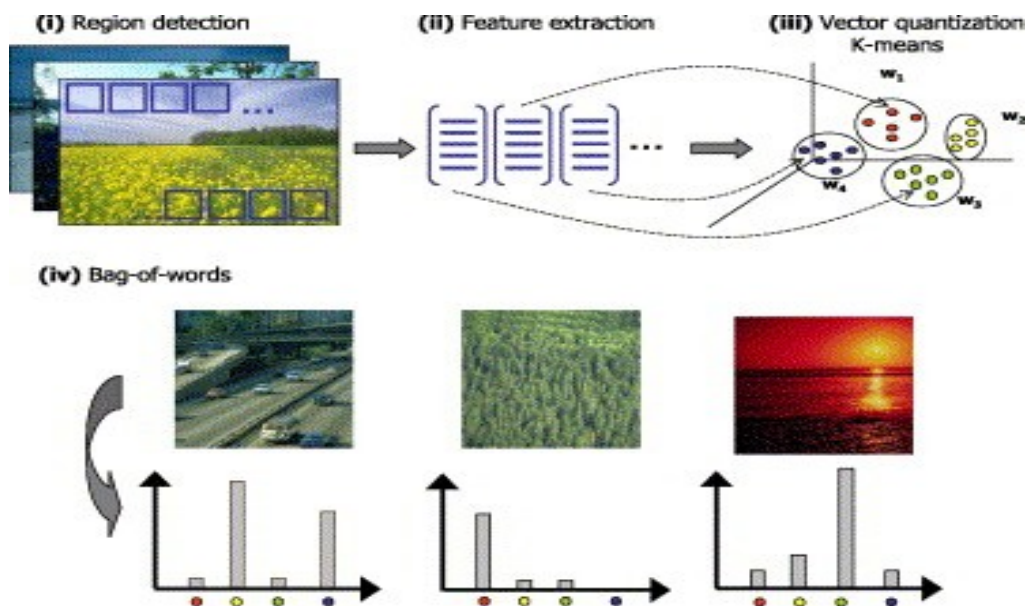


Figura 2 – Etapas do *Bag of Words*.

Na Figura 2 observamos as etapas do algoritmo *Bag of Words*. Na primeira etapa (I - detecção de regiões) é apresentado um conjunto de imagens que são processadas por algum algoritmo de extração de pontos de interesse, como por exemplo, o SURF. Na segunda etapa (II - extração de fatores), para cada ponto de interesse capturado, um conjunto de descritores é criado. Na terceira etapa (III - quantização de vetor), a partir de um conjunto de pontos de interesse discretizados é feita a quantização, assim o algoritmo *k-Means* é utilizado para agrupar os pontos de interesse e destacar um ponto médio de interesse dentro de cada conjunto. Na quarta etapa (IV - *Bag of Word*), dadas algumas novas imagens de entrada, um histograma é criado a partir dos pontos médios da etapa anterior.

O Algoritmo *Bag of Words* na formulação original não é apresentado utilizando fator de cor como um atributo adicional, ou seja, mesmo que as imagens sejam coloridas, a formulação original do algoritmo trabalha com as imagens em tons de cinza. Porém alguns trabalhos apresentam o uso da cor aplicado na etapa de detecção de pontos de interesse e também apresentam algumas modificações do *Bag of Words* para trabalhar a utilização de cor, assim podemos analisar o uso de cor tanto na detecção de pontos de interesse que faz parte do algoritmo, quanto nas próprias modificações que incorporam a cor.

Na fase de detecção de ponto de interesse o uso da cor é analisado em alguns trabalhos, como o de GEVERS et. at. (2009) que relatam um estudo sobre as propriedades invariantes e distintas dos descritores de cor. São avaliadas as variações de iluminação com descritores em diversos modelos de cor, apresentando o conceito de modelo diagonal em variações de intensidade de luz, utilizando filtros para a mudança de intensidade na iluminação. Outro trabalho que também foca na extração de pontos de interesse usando cor é o de VIGO (2012) que integra cor no estágio da detecção e a extração de pontos de interesse, com intuito de incorporar mais informação e investigar o desempenho, através da adição de cor. Vanrell (2011) propõe a utilização da textura com o uso de cor, o uso de textura é analisado com um fator para a detecção de pontos de interesse integrando cor e textura. Esta integração de cor e textura é conceituada pelo método *early fusion*, onde é feita a utilização prévia da combinação de cor e textura.

Dos trabalhos relacionados com detecção de ponto de interesse, revisaremos os trabalhos com propostas que adicionam o uso de cor no algoritmo *Bag of Words*.

A aplicação de métodos como *early fusion* e *late fusion* que incorporam cor no algoritmo *Bag of Words*, ambos os métodos exploram o uso da cor em etapas diferentes. O *early fusion* explora a combinação de fatores (cor, forma) antes da criação de um vocabulário visual, já o método *late fusion* explora a combinação de fatores após a criação de um vocabulário (WEIJER, 2013).

WENGERT, DOUZE, JÉGOU (2011) apresentam um estudo em imagens através do desenvolvimento de um procedimento de assinatura de cores que é capaz de criar descritores globais e locais. O método da assinatura de cor chamado de BoC (*Bag of Color*) utiliza um dicionário de cores definidas por uma paleta de cor tendendo a ser mais naturais. Um histograma de cor é criado para a classificação de cores a partir do dicionário de cor.

BAGDANOV et all (2012) propõem em seu trabalho uma extensão da informação de cor através de dois métodos: detecção baseada em pequenos quadros e a detecção baseada em busca de subjanelas. No modelo baseado em partes (pequenos quadros) a imagem é dividida em pequenos quadros que

são representados por uma coleção de regiões deformáveis. O modelo baseado em busca por subjanelas baseia-se no algoritmo *Bag of Words*.

4. Metodologia

Para cada um dos objetivos específicos listados na Seção 3, serão apresentados a seguir os aspectos metodológicos que nortearão a execução desta proposta.

4.1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura

Através de consultas aos principais portais de periódicos mundiais, como IEEE Xplore, ACM DL, Science Direct e Scopus, serão identificados artigos com trabalhos correlatos nas áreas de Leveduras e *Bag of Words* em imagens coloridas. Estes artigos serão revisados para complementar o texto apresentado neste plano de trabalho.

4.2. Análise de ferramentas de apoio no desenvolvimento do projeto

A análise será efetuada através do estudo do algoritmo *Bag of Words*, para efetuar a classificação de leveduras. Neste estudo os algoritmos *K-Means*, *SURF* estarão inclusos, pois fazem parte do algoritmo *Bag of Words*. Como na formulação original o *Bag of Words* não trabalha com cor, nossos estudos serão direcionados para o uso de cor.

4.3. Desenvolvimento do módulo de *Bag of Words* em imagens coloridas

O módulo será desenvolvido em Linguagem C++ e Java tendo como apoio o pacote para Visão Computacional OpenCV (BRADSKI, 2000) versão 2.4, o ImageJ e o software Weka versão 3.7. Serão seguidas as regras definidas pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento INOVISAO disponíveis no

site do grupo¹. A metodologia de desenvolvimento de software do INOVISAO tem como base o SCRUM (SIMS; JOHNSON, 2011) com todo o material produzido sob controle de versões utilizando a ferramenta SubVersion². O padrão de documentação de código é baseado no JavaDoc (mesmo para programas em C e C++).

4.4. Validação do módulo de *Bag of Words em imagens coloridas*

O algoritmo *Bag of Words* original será comparado com ao menos 4 implementações do *Bag of Words em imagens coloridas* utilizando o banco de imagens disponíveis no BioVic. Como técnica de amostragem será adota a validação cruzada de 10 dobras com 10 repetições disponível no software Weka³ na versão 3.7 (HALL et al., 2009). Para cada algoritmo testado, serão calculados os desempenhos médios referentes às métricas *recall*, *precision*, *f-score* e *percent correct*. Para identificar se os algoritmos testados diferem estatisticamente em relação ao desempenho, considerando-se cada uma das métricas, será utilizado o teste não-paramétrico proposto por Friedman (1940) e disponível no software estatístico R⁴, versão 1.0, com cada bloco correspondendo a uma das classes do problema. Caso, utilizando-se um nível de significância de 95% ($p\text{-value} < 0.05$), seja constatada diferença, um teste post-hoc será realizado e os *box-plots* resultantes analisados. O teste post-hoc, também disponível no R, tem como base o teste de Wilcoxon com correção para FWER (Family-wise Error Rate) descrito por Hollander e Wolf (1999).

4.5. Registro e divulgação de resultados

Serão produzidos um resumo, um relatório final e no mínimo um artigo científico com resultados finais deste plano. O artigo será submetido para um evento ou revista da área de Visão Computacional. Será utilizada a ferramenta

¹ O site do INOVISAO está em www.gpec.ucdb.br/inovisao e as instruções para desenvolvedores pode ser acessada através do link “trac”, neste mesmo site, ou diretamente em trac.gpec.ucdb.br.

² O software de controle de versões subversion é apresentado em <http://subversion.apache.org/>.

³ O Weka é um software livre e gratuito disponível em <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.

⁴ O software R está disponível em <http://www.r-project.org/>. Para o teste de Friedman com análise post-hoc é necessário instalar o

Latex⁵ para produção dos textos visando facilitar a adaptação dos mesmos para as regras utilizadas em periódicos e eventos da área da computação e que geralmente disponibilizam modelos em Latex.

Em resumo, as seguintes atividades serão realizadas:

1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura
 - a. Estudar artigos sobre as Leveduras e a cana-de-açúcar no Brasil, mas especificamente no Estado de Mato Grosso do Sul.
 - b. Estudar artigos sobre o algoritmo *Bag of Words*.
2. Análise de ferramentas de apoio no desenvolvimento do projeto
 - a. Estudar conceitos referentes ao algoritmo *Bag of Words*
 - i. Pesquisa por algoritmos de extração de descritores
 - ii. Estudo do algoritmo *K-Means*
 - iii. Estudo de aprendizado com vários classificadores.
3. Desenvolvimento do módulo de *Bag of Words em imagens coloridas*
 - a. Levantar um banco de imagens de Leveduras.
 - b. Desenvolver uma estrutura para o desenvolvimento do projeto
 - c. Desenvolver o algoritmo *Bag of Words*
4. Validação do módulo de *Bag of Words em imagens coloridas*
 - a. Efetuar os testes com o algoritmo *Bag of Words* em imagens coloridas.
 - b. Efetuar os testes com o algoritmo *Bag of Words* em imagens de tons de cinza.

⁵ O editor de textos Latex é livre e gratuito e pode ser obtido em <http://www.latex-project.org/>

5. Cronograma

Atividades	Bimestre - 2013					Bimestre - 2014				
	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
Atividade 1.a: Estudar artigos sobre as Leveduras e a cana-de-açúcar no Brasil, mas especificamente no Estado de Mato Grosso do Sul.										
Atividade 1.b: Estudar artigos sobre o algoritmo <i>Bag of Words</i> .	x	x								
Atividade 2.a.I: Pesquisa por algoritmos de extração de descritores	x	x								
Atividade 2.b.II: Estudo do algoritmo <i>K-Means</i> .		x	x	x						
Atividade 2.b.III: Estudo de aprendizado com vários classificadores			x	x	x					
Atividade 3.a: Levantar um banco de imagens de Leveduras.			x	x	x					
Atividade 3.b: Desenvolver uma estrutura para o desenvolvimento do projeto.				x	x	x	x			
Atividade 3.c: Desenvolver o algoritmo <i>Bag of Words</i> .						x	x	x		
Atividade 4.a: Efetuar os testes com o algoritmo <i>Bag of Words</i> em imagens coloridas.						x	x	x	x	
Atividade 4.b: Efetuar os testes com o algoritmo <i>Bag of Words</i> em imagens de tons de cinza							x	x	x	x

6. Referências Bibliográficas

HOLLANDER, M.; WOLF, D. A. **Nonparametric Statistical Methods**. *2nd Edition*. New York: John Wiley & Sons, 1999.

HALL, M.; FRANK, E.; HOLMES, G.; PFAHRINGER, B.; REUTEMANN, P.; WITTEN, I. H. The WEKA Data Mining Software: An Update. **SIGKDD Explorations**, v. 11, n. 1., 2009.

FRIEDMAN, M. A comparison of alternative tests of significance for the problem of m rankings. **The Annals of Mathematical Statistics**, v. 11, n. 1, p. 86–92, 1940.

BRADSKI, G. The OpenCV Library. **Dr. Dobb's Journal of Software Tools**, 2000.

SIMS, C.; JOHNSON, H. L. **The Elements of Scrum**. Dymaxicon, 2011.

DOMINGUES, A. **O setor agroindustrial canavieiro no Mato Grosso do Sul: desdobramentos e perspectivas**, v.ii, 2011. 24/03/2013

QUINTA, L. **Classificação de Leveduras para o Controle Microbiano em Processos de Produção de Etanol**. Engenharia da computação, UCDB, 2009. TCC..

DOMINGUES, A. **A Territorialização do Grupo Agroindustrial Canavieiro Luis Dreyfus no Mato Grosso d Sul**. Dissertação, UFGD, Durados, 2010.

SILVA, D. **Aplicação de Transformadas de Hough na Detecção de Leveduras Viáveis e Inviáveis**. Workshop de Visão Computacional, 27-30 Maio, Goiânia, Goiás, 2012.

CSURKA, G;DANCE,C;FAN,L;WILLAMOWSKI,J;BRAY,C. **Visual Categorization with Bags of Keypoints**. 2007.

WEIJER, J, V; KHAN, F, S. **Fusing Color and Shape for Bag-of-Words Based Object Recognition**. 2013.

WENGERT, C; DOUZE, M; JÉGOU, H. **Bag-of-colors for improved image search**. 2011.

VANRELL, M; ALVAREZ, S. **Texton theory revisited: A bag-of-words approach to combine textons**. 2011.

KHAN, F, S; WEIJER, J, V; VANRELL, M. **Top-Down Color Attention for Object Recognition**.2009.

BAGDANOV,A,D;KHAN,F,S;ANWER,R,M;WEIJER,J,V;VANRELL,M;LOPEZ,A, M. **Color Attributes for Object Detection**.2012.

GEVERS, T; SANDE, V; KOEN, E.A; **Evaluation of Color Descriptors for Object and Scene Recognition**.2009.

VIGO,D,A,R;KHAN,F,S;WEIJER,J,V;GEVERS,T. **The Impact of Color on Bag-of-Words based Object Recognition**.2012.

ACEVEDO, C. A. et al. **A non-destructive digital imaging method to predict immobilized yeast-biomass**. *Elsier*, Santiago, n. , p.1-6, 12 set. 2008.

BEWES, J M; SUCHOWERSKA, N; MCKENZIE, D R. **Automated cell colony counting and analysis using the circular Hough image transform algorithm (CHiTA)**. *Phys. Med. Biol* 53, Austrália, n. , p.2-19, 21 maio 2008.

KEMMLER, M et al. **DETECTION OF MICROORGANISMS IN COMPLEX MICROSCOPY IMAGES**. *Uni-jena, Jena*, n. , p.1-4, 1 jan. 2011.