



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ**

**CAMPUS LUIZ MENEGHEL**

**THIAGO GASPAR LEVIN**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE BASEADA  
EM PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS**

Bandeirantes

2011

**THIAGO GASPAR LEVIN**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE BASEADA  
EM PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Me. Ederson Marcos Sgarbi

Co-orientador: Prof. Dr. Luís Guilherme Sachs

Bandeirantes

2011

**THIAGO GASPAR LEVIN**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE BASEADA  
EM PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Campus Luiz Meneghel da Universidade Estadual do Norte do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Ederson Marcos Sgarbi  
Campus Luiz Meneghel

---

Prof. Me. Christian James de Castro  
Bussmann  
Campus Luiz Meneghel

---

Prof. Estevan Braz Brandt Costa  
Campus Luiz Meneghel

Bandeirantes, 19 de Novembro de 2011

*“O que não dá prazer não dá proveito.  
Em resumo, senhor, estude apenas o que lhe agrade!”*

William Shakespeare

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Carlos e Maria Cláudia que sempre me incentivaram e deram força em todos os momentos da vida, além de sempre acreditarem em meu potencial.

Aos meus avós, tios, primos e à minha namorada Camila que nunca me deixaram perder a esperança para enfrentar as dificuldades.

A todas as pessoas que me ajudaram direta e indiretamente em minha vida acadêmica e na realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Me. Ederson Marcos Sgarbi, pela sua ajuda na realização deste trabalho, suas dicas, conselhos, seu grande apoio, e também pela amizade que construímos nesta etapa da minha vida acadêmica.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Luís Guilherme Sachs, orientador do nosso trabalho de Iniciação Científica e de tanto tempo de estágio juntos. Agradeço pelas orientações, ideias, incentivos, por acreditar sempre em meu potencial e pela grande amizade feita ao longo do tempo.

A todos os professores do meu curso, pela ajuda em minha formação acadêmica e realização deste trabalho.

Aos meus pais que com seu trabalho e dignidade, me ensinaram a lutar com perseverança pelo que acredito.

Ao meu grande amigo Rico, companheiro desde o início da faculdade, pelos auxílios, dicas e pela grande amizade formada ao longo dos últimos 4 anos.

Ao meu grande amigo Fabrício, sócio da 4Bytes Inc., por disponibilizar seu escâner para a realização de uma etapa deste trabalho.

A todos os meus amigos do Campus Luiz Meneghel, meus companheiros, que durante todo esse tempo me ajudaram a construir conhecimento e valores muito importantes.

Muito obrigado!

## RESUMO

O trabalho realizado visa à criação de uma ferramenta para avaliação automática da qualidade da carne bovina, com aplicação de técnicas de processamento de imagens como a utilização de filtros e a segmentação. O sistema concebido visa demonstrar como é feita a análise pela tecnologia de ferramenta computacional usadas em alguns países como EUA, Japão, Canadá e Austrália. Os resultados mostram-se promissores, pois a solução construída apresenta um grau maior de confiabilidade do que analisada a olho nu por um operador. Assim este trabalho motiva a realização de estudos mais aprofundados nas técnicas de processamento e análise de imagens e da integração da computação com outras áreas de pesquisa como a qualidade da carne bovina.

**Palavras-chave:** frigorífico, controle, RGB

## **ABSTRACT**

The work made aims to create a tool for automatic evaluation of beef quality, with application of image processing techniques as using filters and segmentation. The designed system aims to demonstrate how the analysis is done by the technology of computational tool used in some countries like USA, Japan, Canada and Australia. The results were promising, because the solution has a higher degree of reliability than the naked eye examined by an operator. So this work provides motivation for further study in the techniques of processing and image analysis and integration of computing with other research areas as the beef quality.

**Keywords:** fridge, control, RGB



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	Objetivos .....	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos .....	16
1.2	Justificativa.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	18
2.1	A Carne .....	18
2.1.1	Cor da carne.....	18
2.1.2	Marmoreio .....	19
2.1.3	Gordura .....	20
2.2	Processamento e Análise de Imagens.....	21
2.2.1	A Visão Humana e a Visão Computacional .....	21
2.2.2	Sistemas de Cores .....	22
2.2.2.1	RGB .....	23
2.2.2.2	HSI.....	23
2.2.2.3	CIE L*a*b* .....	24
2.2.3	Técnicas de processamento de imagem.....	25
2.2.4	Pré-Processamento .....	26
2.2.4.1	Níveis de Cinza .....	28
2.2.4.2	Redução de ruído.....	28
2.2.4.3	Filtro da mediana.....	29
2.2.5	Segmentação de Imagens .....	30
2.2.5.1	Limiarização .....	31
2.2.5.2	Limiarização Global .....	31
2.2.5.2.1	Algoritmo de Otsu .....	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Classificação da Pesquisa .....	33
3.2	Método Proposto .....	33
3.2.1	Aquisição da imagem .....	35

3.2.2	Filtragem para remoção de ruído.....	36
3.2.3	Análise de cor ponto a ponto .....	36
3.2.4	Conversão em imagem binarizada .....	37
3.2.5	Conversão em tons monocromáticos.....	39
3.2.6	Classificação da qualidade .....	40
3.3	Materiais Utilizados.....	41
4	SISTEMA PROPOSTO.....	42
4.1	Análise da situação.....	42
4.1.1	Descrição do Sistema.....	42
4.2	Análise de Requisitos .....	42
4.2.1	Usuário do Sistema .....	43
4.2.2	Requisitos Funcionais.....	43
4.2.3	Requisitos Não Funcionais .....	44
4.2.4	Casos de Uso .....	45
4.3	Modelagem do Sistema .....	46
4.3.1	Diagrama de Casos de Uso.....	46
4.3.2	Diagrama de Classes .....	46
4.3.3	Diagrama de Sequência .....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS .....	56
	BIBLIOGRAFIA .....	57
	APÊNDICES .....	60
	APÊNDICE A: Sistema de análise de amostras .....	61
1	O Sistema .....	61
2	A utilização do sistema em análise .....	62
	APÊNDICE B: Amostras adquiridas para teste .....	72
	APÊNDICE C: Testes realizados de forma visual .....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Comparação da cor da carne bovina de forma manual .....	19
Figura 2.2: Comparação do marmoreio de forma manual pelo quadrado de pontos .....	20
Figura 2.3: Comparação da cor da gordura de forma manual .....	21
Figura 2.4: Representação do sistema visual humano .....	22
Figura 2.5: Exemplo do cubo RGB .....	23
Figura 2.6: Exemplo de cone do espaço de cor HSI.....	24
Figura 2.7: Exemplo do espaço de cor CIE L*a*b* .....	24
Figura 2.8: Estrutura funcional de um sistema de visão artificial .....	25
Figura 2.9: Exemplo da necessidade de pré-processamento .....	27
Figura 2.10: Exemplo da utilização dos níveis de cinza.....	28
Figura 2.11: Exemplo de 8-vizinhança utilizando uma janela 3x3 .....	29
Figura 2.12: Exemplo da utilização do filtro da mediana .....	30
Figura 2.13: Exemplo da utilização da segmentação.....	31
Figura 3.1: Etapas para a solução do problema.....	34
Figura 3.2: Amostra adquirida.....	35
Figura 3.3: Demonstração de ruído na amostra adquirida.....	36
Figura 3.4: Uso do algoritmo de Otsu para extração do fundo .....	38
Figura 3.5: Área representativa da amostra da carne .....	38
Figura 3.6: Limiar manual para separação da carne do marmoreio.....	39
Figura 3.7: Conversão da amostra adquirida em níveis de cinza .....	40
Figura 4.1: Diagrama de casos de uso.....	46
Figura 4.2: Diagrama de classes.....	47
Figura 4.3: Diagrama de sequência para a análise da qualidade da cor da carne.....	48
Figura 4.4: Diagrama de sequência para a análise dos sistemas de cores .....	48
Figura 5.1: Amostras coletadas.....	49
Figura 5.2: Tons de cores da tabela internacional .....	50
Figura 5.3: Padrões de marmoreio da Austrália .....	50
Figura 5.4: Níveis de gordura do padrão australiano.....	51
Figura 5.5: Resultado da avaliação de forma visual de acertos.....	54

Figura A.1: Interface do sistema de análise .....	61
Figura A.2: Janela de seleção da imagem .....	62
Figura A.3: Execução da análise dos <i>pixels</i> para os sistemas de cores .....	63
Figura A.4: Obtenção dos resultados da área da amostra .....	63
Figura A.5: Execução da qualidade pela cor da carne .....	64
Figura A.6: Execução da classificação do marmoreio .....	64
Figura A.7: Exibição do nível da classificação da gordura.....	65
Figura A.8: Exibição do histograma com base nos dados da imagem original .....	66
Figura A.9: Exibição do histograma com base nos dados da imagem binarizada .....	66
Figura A.10: Exibição do histograma com base nos dados em tons de cinza .....	67
Figura A.11: Exibição do histograma com base nos dados da imagem de marmoreio ..	67
Figura A.12: Exibição dos resultados na tela .....	68
Figura A.13: Exibição dos padrões de referência .....	68
Figura A.14: Resultado em forma de texto (.TXT) .....	69
Figura A.15: Resultado em forma de relatório (.PDF).....	70
Figura A.16: Exibição da tela “Sobre” .....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Usuário envolvido no sistema.....	43
Quadro 4.2: Descrição dos casos de uso.....	45
Quadro 5.1: Tabela de padrões com base na cor da carne.....	50
Quadro 5.2: Tabela de padrões de qualidade de marmoreio.....	51
Quadro 5.3: Resultados alcançados .....	52
Quadro 5.4: Análises feitas por um operador .....	53
Quadro 5.5: Acertos por avaliação visual comparado ao sistema em porcentagens .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BMP	Bitmap / Mapa de bits
CIE	International Commission on Illumination
CVS	Computer Vision Systems
DPI	Dots Per Inch
HSI	Hue Saturation Intensity
JPG	Joint Photographic Experts Group
PDF	Portable Document Format
PDI	Processamento Digital de Imagens
PNG	Portable Network Graphics
RGB	Red Green Blue
TIFF	Tagged Image File Format
TXT	Text File
UML	Unified Modeling Language
USDA	United States Department of Agriculture
XYZ	Sistema de coordenadas no plano cartesiano X, Y e Z

# 1 INTRODUÇÃO

O sistema visual humano é uma das maiores capacidades que o ser humano possui, pois é o meio mais eficiente para processar, descobrir e compreender o ambiente que o cerca, no entanto algumas vezes não é suficiente para o discernimento confiável de uma situação. Por isso existem habilidades computacionais de realizar a compreensão de conteúdo de imagens.

O processamento digital de imagens compreende um conjunto de técnicas para extrair informações da imagem cooperando para a interpretação de um analista humano. Com o avanço da tecnologia é possível à criação de sistemas de visão artificial com a execução de tarefas de processamento de imagens através da máquina, possibilitando assim maior desempenho e confiabilidade.

O trabalho a ser realizado visa à aplicação de técnicas de processamento e análise de imagens para padrões de qualidade da carne bovina. A qualidade das propriedades da carne pode ser detectada por sistemas computacionais, utilizando técnicas de processamento, filtragens e segmentação de imagens.

Os pesquisadores estão preocupados com a qualidade da carne bovina definida por suas características como a cor, maciez, sabor e suculência. Estas são determinantes na decisão com o modo de preparar e com o grau de satisfação na refeição, sendo influenciado pela aparência, ou seja, pela cor da carne, quantidade e distribuição de marmoreio (FELÍCIO, 1998).

Assim neste trabalho é proposto um sistema computacional capaz de analisar e processar as características da carne bovina determinando sua qualidade pela cor, marmoreio e gordura da carne, classificando-a com as normas em vigor. A solução computacional possibilita um meio para o usuário digitalizar amostras de carnes bovinas, realizando através das técnicas de processamento de imagens a avaliação e classificação do padrão da carne.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma solução computacional que auxilie na identificação das características da carne e sua classificação de qualidade.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar os métodos e técnicas necessárias como a binarização, filtragem em níveis de cinza e análise de *pixels* a fim de realizar a obtenção de informações da carne.
- Utilizar informações de cor para realizar a classificação da cor da carne baseada na tabela internacional.
- Extrair as áreas de marmoreio da carne.
- Obter resultado da cor da gordura em comparação com a norma da tabela internacional.
- Obter resultado do grau de marmoreio em comparação com a norma da tabela internacional.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A maioria dos sistemas de classificação e tipificação contêm elementos subjetivos, passíveis de erros humanos e que levam a uma lentidão no processo de avaliação e aumento de custos. Além disso, devido à sua subjetividade, o sistema de classificação torna-se inconsistente e dificulta o estabelecimento de um programa de pagamento baseado na qualidade, que reflete o valor real da carcaça para a indústria. Para contornar ou minimizar esses problemas, algumas tecnologias têm surgido, permitindo que a tipificação possa ser conduzida objetivamente, com velocidade, acurácia e precisão adequada e a um custo acessível (GOMIDE, et al., 2006 p. 248).



Segundo Marques (2009), no Brasil se utiliza a medida da cor da carne bovina através de um instrumento chamado colorímetro, que caracteriza amostras de cores para obter uma medida objetiva das características da cor, porém é um instrumento de alto valor. Não existem ferramentas de *softwares* de análise de imagem específicos para o uso na análise da qualidade da carne bovina, mas sim *softwares* genéricos de processamento de imagens, inclusive livres, que apresentam, porém, limitações para este tipo de aplicação.

A necessidade de uma ferramenta que analise a qualidade da carne de modo rápido, prático e eficaz é fundamental.

Segundo Gomide, et al. (2006):

As tecnologias mais promissoras para permitir uma análise completamente objetiva são aquelas que simulam a observação visual do observador, como a ultra-sonografia e a análise de imagem computadorizada de imagens, embora equipamentos que meçam características não-observáveis, como reflectância na região do visível ou próxima do infravermelho, condutividade elétrica e impedância bioelétrica (bioimpedância), tenham demonstrado bons resultados para algumas características (GOMIDE, et al., 2006, p.248).

Já existem vários instrumentos com características similares disponíveis no mercado. Aparelho como o VIAScan, da Austrália, e o CVS (*Computer Vision Systems*), do Canadá, já foram testados na literatura e seu uso aconselhado para aumentar a precisão na classificação de carcaças bovinas segundo o sistema USDA (*United States Department of Agriculture*). O sistema canadense CVS pode ser adquirido com o módulo BeefCam®, um *software* que analisa os elementos de qualidade (marmoreio e coloração da carne magra e gordura), permitindo a predição tanto da qualidade da carne quanto da sua maciez (GOMIDE, et al., 2006, p. 253).

Devido à restrição de tais sistemas e seu custo para pequenos frigoríficos, a solução proposta neste trabalho visa à análise da qualidade da carne a um nível que possa demonstrar como são feitas as análises de um sistema completo e confiável.

O estudo sobre a aplicação de processamento digital de imagens na área da qualidade em alimentos é importante, pois pode difundir a aplicação da informática em áreas que ainda estão pouco familiarizadas com a tecnologia e o grande poder que ela possui.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 A CARNE**

De acordo com RIISPOA (1952), a carne bovina é classificada como carne vermelha apresentando grande importância nutricional, pois fornece os principais nutrientes necessários para o ser humano.

Para que a carne bovina seja de boa qualidade é necessário observar cuidados que vão desde o nascimento do animal até o preparo do produto final. O consumidor busca carne com boa aparência e palatabilidade, por isso deve preservar os benefícios que o alimento pode proporcionar ao consumidor. A obtenção de carnes em condições não adequadas pode afetar diretamente a saúde do consumidor através de infecções e intoxicações alimentares.

Segundo Marques (2009), para que uma carne bovina seja avaliada com uma carne de alta qualidade, devem ser analisados quatro fatores principais:

1. Quantidade de marmoreio, que são as fibras de gordura no olho do lombo (“centro” da carne);
2. Cor do músculo;
3. Cor da gordura; e
4. Maciez.

#### **2.1.1 COR DA CARNE**

De acordo com Felício (1999), em condições normais de conservação, a cor é o principal atrativo dos alimentos. A cor da carne reflete a quantidade e o estado químico do seu principal pigmento, a mioglobina. A quantidade de mioglobina num determinado corte de carne bovina varia principalmente com a atividade física dos músculos que o compõem e a maturidade fisiológica do animal ao abate. Os bovinos terminados a pasto se exercitam mais e, geralmente, são abatidos mais velhos; assim, por exercício e maturidade, sua carne tem maior concentração de mioglobina e, conseqüentemente, maior saturação da cor vermelha do que a dos confinados.

Segundo MacDougall (1994) não existe uma recomendação geral quanto ao procedimento de mensuração da cor, pois os instrumentos de medida – colorímetros e espectrofotômetros – podem ter características distintas quanto ao diâmetro de abertura, tipo de iluminante e ângulo de observação. A Comissão Internacional de Iluminação (CIE, 1986) tem enfatizado o uso de diâmetro e ângulo específicos, mas os aparelhos não possuem tais opções.

A Figura 2.1 ilustra uma imagem utilizando o método de comparação feito de forma manual por um operador treinado em relação aos padrões australianos pela autoridade de especificação uniforme de carnes AUSMEAT.



Figura 2.1: Comparação da cor da carne bovina de forma manual (AUSMEAT,2000)

### 2.1.2 MARMOREIO

Segundo Nieto e Martins (2003) um dos fatores visuais mais importantes para o consumidor é o nível de marmoreio na carne bovina, o qual está associado com a sua maciez, suculência e sabor. A maciez é a característica mais importante na palatabilidade da carne.

As fibras de gordura de marmoreio são mensuradas diretamente sobre o músculo *Longissimus dorsi* (se encontra no contrafilé) sobre a 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela. A porcentagem da gordura de marmoreio estima o grau de marmoreio, ou seja, a quantidade de gordura intramuscular depositada sobre o músculo *Longissimus dorsi*. Esta medida é muito utilizada em países onde o valor da carne esta baseado na qualidade, a gordura de marmóreo proporciona a carne atributos relacionados à maciez

e sabor (SANTOS, 2004).

Para AUSMEAT (2000) o marmoreio é medido manualmente usando o quadrado de pontos. O quadrado de pontos é colocado sobre o músculo *Longissimus dorsi* e os quadrados são contados.

Para Costa (2002) o marmoreio da carne é determinado por meio de avaliação visual.

A Figura 2.2 apresenta uma imagem da utilização do quadrado de pontos mensurado de forma manual por um operador treinado em relação à tabela internacional de padrões de carnes da Austrália.



Figura 2.2: Comparação do marmoreio de forma manual pelo quadrado de pontos (AUSMEAT,2000)

### 2.1.3 GORDURA

A classificação da qualidade da gordura é dada pela cor da gordura intermuscular lateral do olho do lombo. É avaliada na carcaça fria e o escore é dado de acordo com o AUSMEAT *Fat Colour Reference Standards*. A cor da gordura é medida pela comparação da gordura intermuscular lateral ao *Longissimus dorsi* e adjacente ao músculo *Iliocostalis*. Quando a cor da gordura fica entre dois escores prevalece o escore mais amarelo (AUSMEAT, 2000).

A Figura 2.3 ilustra uma imagem utilizando o método de comparação da cor da gordura feito de forma manual pelos padrões australianos.



Figura 2.3: Comparação da cor da gordura de forma manual (AUSMEAT,2000)

## 2.2 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE IMAGENS

O processamento e análise de imagens consistem em desenvolver técnicas possíveis de simular a capacidade de visão e interpretação do ser humano, onde o auxílio do computador seja possível o entendimento da imagem adquirida pelo computador. Assim, como afirma Facon (2005), a área de processamento de imagens é multidisciplinar, envolvendo diversas áreas como eletrônica, ciência da computação, Inteligência artificial, ótica, etc.

Segundo Fischler e Firschein (1987) *apud* Facon (2005), a visão computacional utiliza técnicas de processamento de imagens preocupando-se em desenvolver a compreensão dos princípios que formam a visão dos sistemas naturais, como a visão humana. Essa capacidade inclui a habilidade de descrever computacionalmente uma cena baseada em fatos fornecidos por um sensor de imagens, que produz dessa forma o entendimento dos objetos reconhecidos na imagem adquirida.

### 2.2.1 A VISÃO HUMANA E A VISÃO COMPUTACIONAL

A visão humana pode ser definida como um sistema biológico complexo que permite ao homem entender o espectro visível do mundo. O processo de conversão da radiação eletromagnética gerada pelos objetos ocorre em diversas áreas do cérebro (MURA, 2007).

Como demonstra Facon (2005) e a Figura 2.4 (FACON, 2005) o processo de

visão pode ser organizado na seguinte forma:

- 1 – Emissão de sinais luminosos por reflexão da luz;
- 2 – Recepção dos sinais pelo sistema visual;
- 3 – Transformação desses sinais pelos tecidos sensíveis;
- 4 – Armazenamento da informação;
- 5 – Processamento da informação;
- 6 – Resposta nervosa.

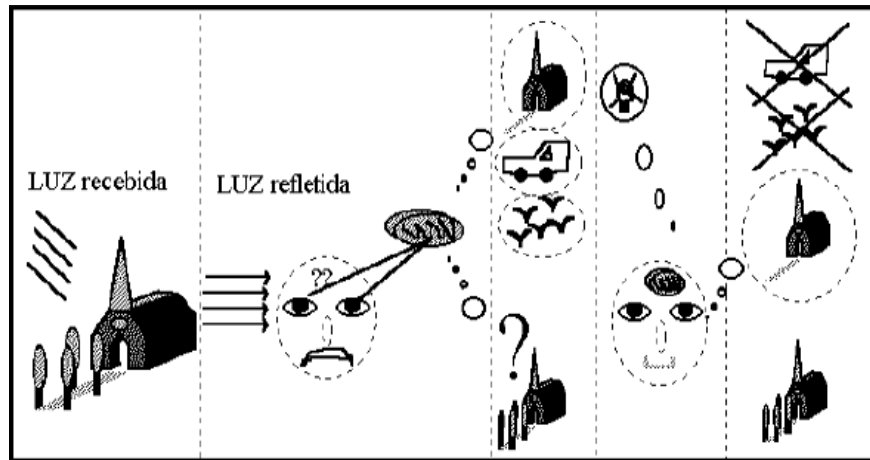


Figura 2.4: Representação do sistema visual humano

### 2.2.2 SISTEMAS DE CORES

Um sistema de cor é um método utilizado para formar uma cor através da combinação de componentes, sendo possível especificar, criar e visualizar cores. O modelo de cor RGB (*Red*, *Green* e *Blue*) tem como propósito principal a reprodução de cores em dispositivos como monitores de TV, computador e escâner. O modelo HSI (*Hue*, *Saturation* e *Intensity*) é utilizado em sistemas de visão artificial devido às suas características que faz tornar uma ferramenta útil para o desenvolvimento de algoritmos de processamento de imagens fortemente baseado no modelo de percepção de cor pelo ser humano. O sistema CIE  $L^* a^* b^*$  padronizado pelo CIE (*Commission*

*Internationale de L'Eclairage*) permite a especificação de percepção de cores em termos de espaço tridimensional.

### 2.2.2.1 RGB

O espaço de cor RGB é representado por 3 cores primárias: vermelho, verde e azul da sigla R – *red*, G – *green* e B- *blue*. É um modelo de cor baseado nas cores aditivas, onde é possível representar uma cor com adição das três cores. As componentes do modelo RGB variam entre 0 e 255, com 256 diferentes valores para cada canal de cor, sendo o valor (0,0,0) representado pela cor preta e o valor (255,255,255) pela cor branca. A Figura 2.5 representa um exemplo de um cubo pelo sistema de cor RGB.

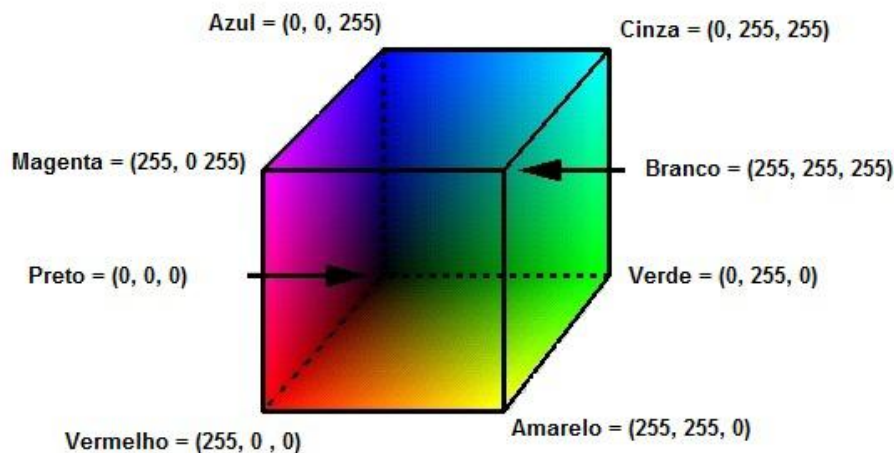


Figura 2.5: Exemplo do cubo RGB

### 2.2.2.2 HSI

O espaço HSI representa uma cor com base nos valores de matiz (H – *hue*), saturação (S – *saturation*) e intensidade (I – *intensity*). A matiz representa a cor pura, enquanto que a saturação dá a medida do grau de diluição de cor pura por luz branca e a intensidade ou brilho representa o nível de cinza na cor. A cor é representada de uma forma que corresponde à forma da percepção pelo olho humano. A Figura 2.6 ilustra um exemplo do espaço de cor HSI em um cone.

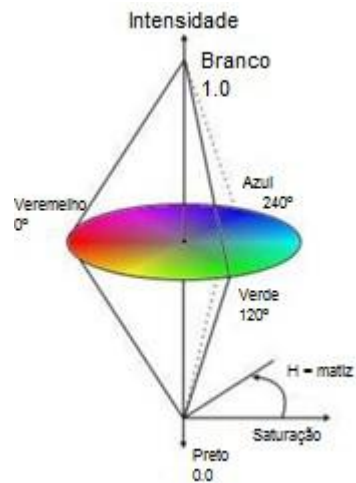


Figura 2.6: Exemplo de cone do espaço de cor HSI

### 2.2.2.3 CIE L\*a\*b\*

O sistema de cor CIE L\* a\* b\* representa as cores no espaço tridimensional, onde é um sistema puramente matemático e, portanto não depende de dispositivos. Os seus componentes são representados por luminância (L) que varia de 0 a 100 do preto ao branco de maneira uniforme e +a para o vermelho, -a para o verde, +b para o amarelo, e -b para o azul (ADOBE, 2011).

A Figura 2.7 representa um exemplo do espaço de cor CIE L\*a\*b\*.

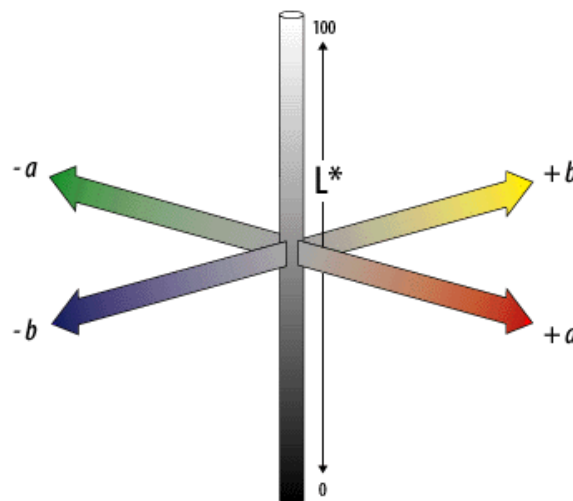


Figura 2.7: Exemplo do espaço de cor CIE L\*a\*b\* (ADOBE, 2011)



### 2.2.3 TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Com o avanço dos recursos computacionais permitiu-se alcançar um desenvolvimento mais eficiente e robusto do processamento digital de imagens.

A estrutura funcional completa de um sistema de processamento e análise de imagens, de acordo com Marotta (2007), é classificada em três níveis:

- Baixo nível: Aquisição e pré-processamento;
- Médio nível: Segmentação e representação;
- Alto nível: Interpretação.

A Figura 2.8 representa a estrutura funcional de um sistema de visão artificial, por Facon (2005):

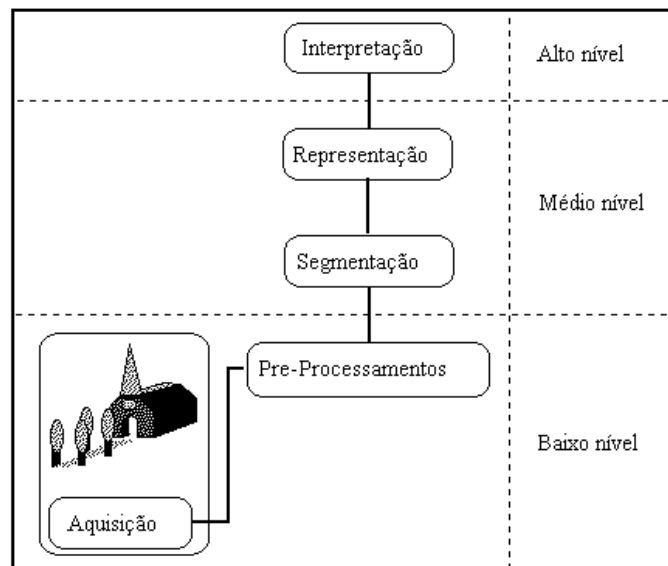


Figura 2.8: Estrutura funcional de um sistema de visão artificial

Assim a Figura 2.8 pode ser detalhada segundo Facon (2005) da seguinte forma:

1. Na aquisição e pré-processamento são feitas as representações do mundo real na forma digital que é formada por valores discretos com informação de cor, chamados *pixels*;

2. Na etapa de pré-processamento pode-se corrigir algumas imperfeições ou defeitos durante a aquisição da imagem como, por exemplo, as condições deficientes de iluminação. No entanto, esta etapa não é indispensável, mas na maioria dos casos é necessária;
3. A segmentação consiste em dividir a imagem em partes constitutivas, fazendo com que seja mais fácil a manipulação. Como exemplo seria a extração do fundo da imagem separando-o com o objeto de análise;
4. Na etapa de representação, o objetivo é agrupar os resultados das etapas anteriores e armazenar os diversos padrões que contém o conhecimento;
5. A fase de interpretação representa o alto nível de uma estrutura funcional de um sistema de PDI, no entanto, é a parte mais “inteligente” de todo o processo, pois permite obter a compreensão e a descrição do fenômeno inicial. Ela faz uso do conhecimento do caso estudado e o conhecimento adquirido durante as fases precedentes.

#### **2.2.4 PRÉ-PROCESSAMENTO**

Segundo Facon (2005) anteriormente, a etapa de pré-processamento corrige imperfeições ocorridas na aquisição da imagem por um digitalizador, por exemplo, como deficiências de iluminação, características do sistema de aquisição, entre outros.

Um exemplo de como esta etapa é importante é dado com a representação da Figura 2.9 onde é mostrada uma imagem com ruído e outra com a imagem tratada.

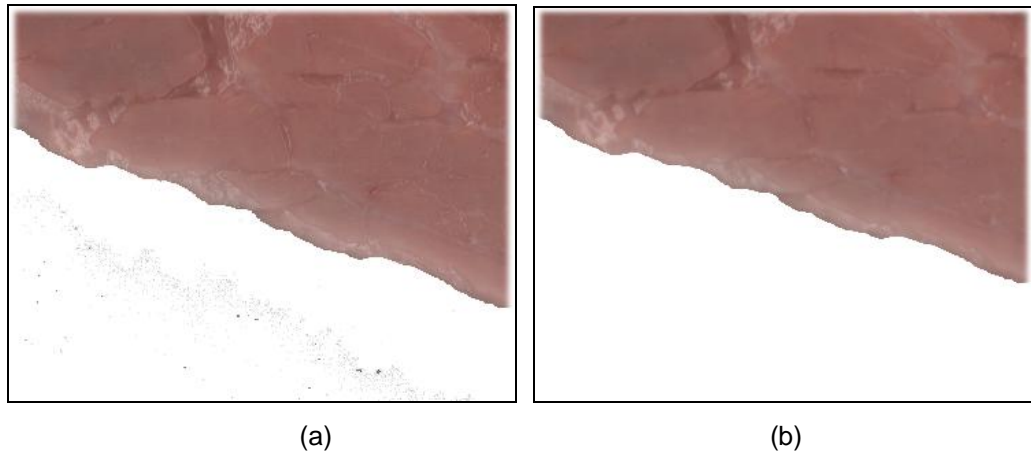


Figura 2.9: Exemplo da necessidade de pré-processamento

a) Imagem com ruído b) Imagem tratada

Para realizar o pré-processamento muitas vezes são utilizados filtros de imagens que são aplicados para suavizar ou destacar certas partes da imagem.

Para realizar esta etapa é preciso converter a imagem para níveis de cinza para realizar a filtragem. De acordo com Facon (2005), “numa filtragem, o processamento de um nível de cinza de um *pixel*  $P(x, y)$  depende dos valores de nível de cinza desse *pixel*  $P(x, y)$  e de seus *pixels* vizinhos. Em geral, na vizinhança, os *pixels* mais próximos de  $P(x, y)$  contribuem mais na definição do novo valor de nível de cinza de  $P(x, y)$  do que os *pixels* mais afastados”. Com isso, para realizar a filtragem em uma imagem, cada *pixel* depende de seus *pixels* vizinhos para que seja possível uma boa definição da imagem eliminando os ruídos.

Os filtros podem ser divididos em duas classes, segundo Facon (2005):

1. Passa-baixa: É um efeito visual de suavização da imagem, pois têm valores próximos de zero para as altas frequências. Com isso, tende a mitigar os ruídos da imagem, mas por outro lado, diminui a definição e a nitidez da imagem;
2. Passa-alta: O filtro passa-alta tem valores próximos de zero para as baixas frequências. O efeito visual desse tipo de filtro é o de agudização da imagem. Com isso, as transições entre diferentes regiões da imagem tornam-se mais nítidas, mas o efeito indesejado é o de enfatizar o ruído que possa existir na imagem. Visa o realce dos cantos e arestas.

### 2.2.4.1 NÍVEIS DE CINZA

De acordo com Facon (2005), uma imagem em tons de cinza é representada por valores de *pixels* sendo um único espaço de cor (um canal), facilitando assim sua manipulação, ao invés do uso do sistema de cor RGB, onde é representado por 3 canais: vermelho, verde e azul. Imagens desse tipo são compostas com tons de cinza, que varia entre a cor preta como a menor intensidade e a cor branca como maior intensidade. Computacionalmente, as imagens monocromáticas são armazenadas utilizando-se oito bits por *pixel*, o que permite 256 intensidades possíveis de níveis de cinza, geralmente em uma escala não linear. Para realizar a conversão em níveis de cinza, deve-se obter os valores de cada *pixel* no espaço de cor RGB primeiramente, nas cores primitivas vermelho, verde e azul. Para isso, adiciona-se 30% do vermelho, 59% do verde e 11% do azul. Essas porcentagens estão relacionadas à própria sensibilidade visual do olho humano.

A Figura 2.10 ilustra a representação da conversão da imagem original em níveis de cinza.

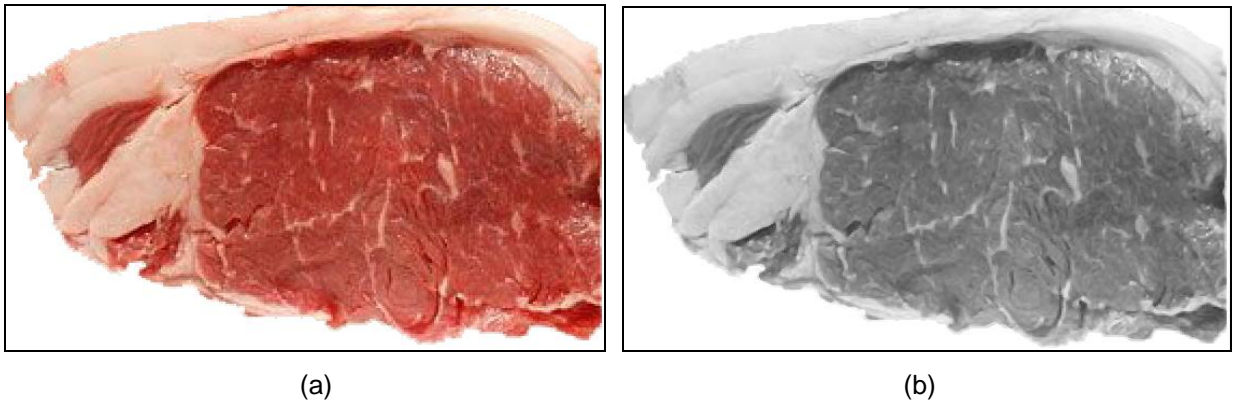


Figura 2.10: Exemplo da utilização dos níveis de cinza

(a) Amostra adquirida (b) Amostra em tons de cinza

### 2.2.4.2 REDUÇÃO DE RUÍDO

De acordo com Facon (2005), os filtros para realce são os mais utilizados, portanto, basicamente, filtrar uma imagem é aplicar técnicas de realce.

Para a realização do processo de suavização, é necessária a substituição dos valores de intensidade de cada *pixel* por um novo valor baseado nos valores dos *pixels*

vizinhos do mesmo. Segue abaixo um exemplo ilustrativo 8-vizinhança, na qual é definido por um *pixel* central e seus oito *pixels* vizinhos conforme mostra Mura (2007) na Figura 2.11.

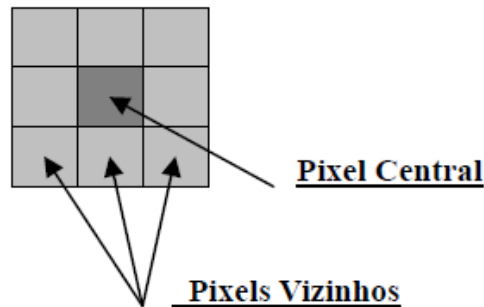


Figura 2.11: Exemplo de 8-vizinhança utilizando uma janela 3x3 (MURA,2007)

### 2.2.4.3 FILTRO DA MEDIANA

Conforme Facon (2005), “a mediana é calculada a partir das intensidades dos *pixels* contidos em uma vizinhança de um ponto  $P(x, y)$ . No caso de uma vizinhança 3 x 3,  $P(x, y)$  tem 8 vizinhos. Todos os nove pontos são ordenados, e é tomado como novo valor de  $P(x, y)$ , o valor da mediana dessa ordenação”.

O filtro da mediana tem a vantagem de destruir pontos isolados, linhas bem finas, respeitando as transições. Se o ruído numa imagem aparece como erro aditivo, aleatório ou não correlacionado, os *pixels* são afetados pelo filtro, corrigidos, além de evitar espalhar o efeito do ruído para os *pixels* vizinhos. Tem a tendência de eliminar pequenas regiões sem diminuir a nitidez da imagem (FACON, 2005).

Um exemplo do processo de tratamento de uma imagem com ruído para a imagem tratada segue a representação na Figura 2.12 com a amostra adquirida com o ruído existente, a conversão da imagem em níveis de cinza, a aplicação do filtro da mediana em níveis de cinza e a imagem resultante tratada.

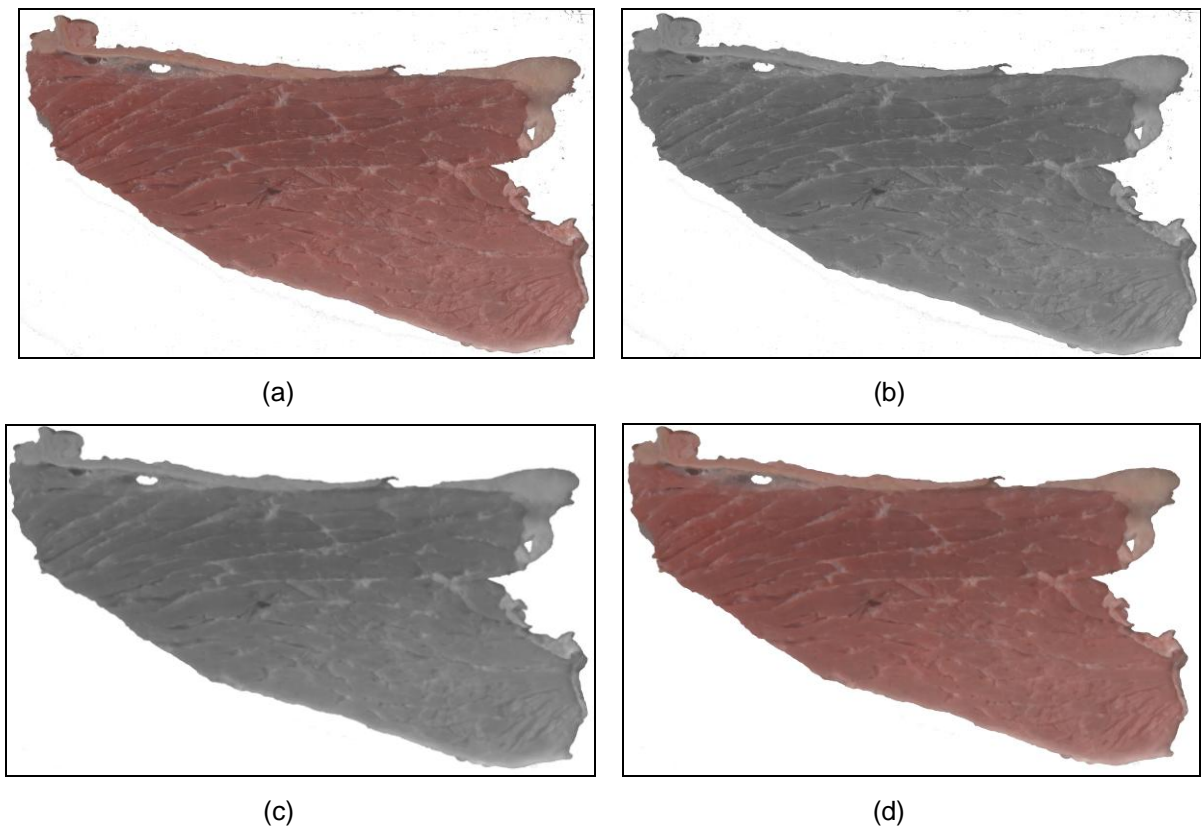


Figura 2.12: Exemplo da utilização do filtro da mediana

- (a) Amostra adquirida com ruído (b) Conversão da imagem para níveis de cinza  
 (c) Aplicação do filtro da mediana em níveis de cinza (d) Imagem tratada

### 2.2.5 SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS

Em segmentação de imagens, o foco é a extração de partes da imagem para melhor manipulação e entendimento, ou seja, é a identificação de certas áreas de acordo com certas características determinadas. Consiste na primeira etapa de processamento da imagem quando se considera uma análise do ponto de vista da “informação” nela presente.

A binarização é o método mais simples de segmentação de imagens, no entanto, ela consiste em separar uma imagem em regiões de interesse. Essas regiões podem ser representadas por *pixels* brancos e pretos, e este método utiliza um único ponto de corte conhecido por *threshold* (limiarização) e para decidir se o *pixel* pertence ou não na região de interesse, dependerá do valor de corte do *threshold*. Qualquer *pixel*

com intensidade menor ou igual ao valor de corte passa a ser preto e se o *pixel* tiver com intensidade maior ao valor de corte passa a ter a cor branca (MONTEIRO, 2008).

De acordo com Albuquerque e Albuquerque (2005) segmentar consiste em dividir a imagem em diferentes regiões, que posteriormente serão analisadas por algoritmos especializados em busca de informações.

Para um melhor entendimento, a Figura 2.13 mostra como é representada uma amostra adquirida e a mesma imagem binarizada, ou seja, segmentada.



Figura 2.13: Exemplo da utilização da segmentação

(a) Amostra adquirida (b) Amostra segmentada

### 2.2.5.1 LIMIAZIZAÇÃO

Como diz Facon (2005), a limiarização consiste em separar o primeiro plano do fundo. O objetivo da limiarização ou binarização é marcar os *pixels* que pertencem às verdadeiras regiões de primeiro plano com um valor 0 e as regiões de fundo (segundo plano) com uma intensidade 1, números binários. Esses números binários são definidos pela imagem binária sendo que a região de primeiro plano seja cor preta e a região do segundo plano seja cor branca, ou ao contrário.

A princípio é muito simples, mas a segmentação por limiarização é provavelmente uma das técnicas mais utilizadas.

### 2.2.5.2 LIMIAZIZAÇÃO GLOBAL

Limiarização global se dá quando se busca um único valor de limiar para toda a imagem. Este processo é muitas vezes usado para dissociar o fundo das identidades

presentes. A maior vantagem é que o princípio é simples e precisa de pouca memória (FACON, 2005).

Existem algoritmos para limiarização global que consegue descobrir o melhor grau de binarização (*threshold*) para determinada imagem de forma automática. O algoritmo de Otsu tem essa propriedade.

#### **2.2.5.2.1 ALGORITMO DE OTSU**

De acordo com Facon (2005), o algoritmo de Otsu utiliza-se do particionamento dos *pixels* de uma imagem em duas classes (isto é, objetos e fundo) em nível de cinza. Pode-se definir as características das classes C0 e C1 em termos de distribuições de Gauss, seja a partir de suas médias, das variâncias intra-classes, inter-classes e da variância total.

Com os cálculos feitos entre as duas classes, encontra-se o melhor valor do limiar para a determinada imagem.



### **3 METODOLOGIA**

O projeto possui caráter quantitativo, pois tem a intenção de transformar os resultados em números de modo que haja uma classificação e uma análise dos dados coletados.

Para que a pesquisa seja desenvolvida é necessário o estudo de técnicas de processamento e análise de imagens, conceitos sobre a identificação das características da carne e o desenvolvimento de uma solução computacional para a identificação de todas as possíveis características que a carne possui com os resultados obtidos.

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

A pesquisa realizada gera conhecimento para a solução de um problema específico: a identificação das características da carne e da sua qualidade, podendo ser classificada como pesquisa aplicada.

#### **3.2 MÉTODO PROPOSTO**

O método proposto consiste em classificar a qualidade da carne bovina por meio da detecção e separação da imagem em partes como: o fundo, a carne e o marmoreio. Assim é possível analisar os *pixels*, comparando com as normas internacionais existentes que são utilizadas nos países como o Japão e a Austrália. A separação das partes da imagem possibilita a identificação da área de cada propriedade da carne, como a parte do marmoreio, a parte vermelha da carne e outras informações.

Para realizar a segmentação são utilizadas técnicas de processamento de imagens, sendo extraídas informações da amostra da carne, consideradas bastante relevantes para obter os resultados. Assim o método proposto apresenta o funcionamento de todo o processo, desde a amostra adquirida por meio da digitalização, da análise, até os resultados obtidos.

A seguir são apresentadas por meio da Figura 3.1 o método proposto com suas etapas.

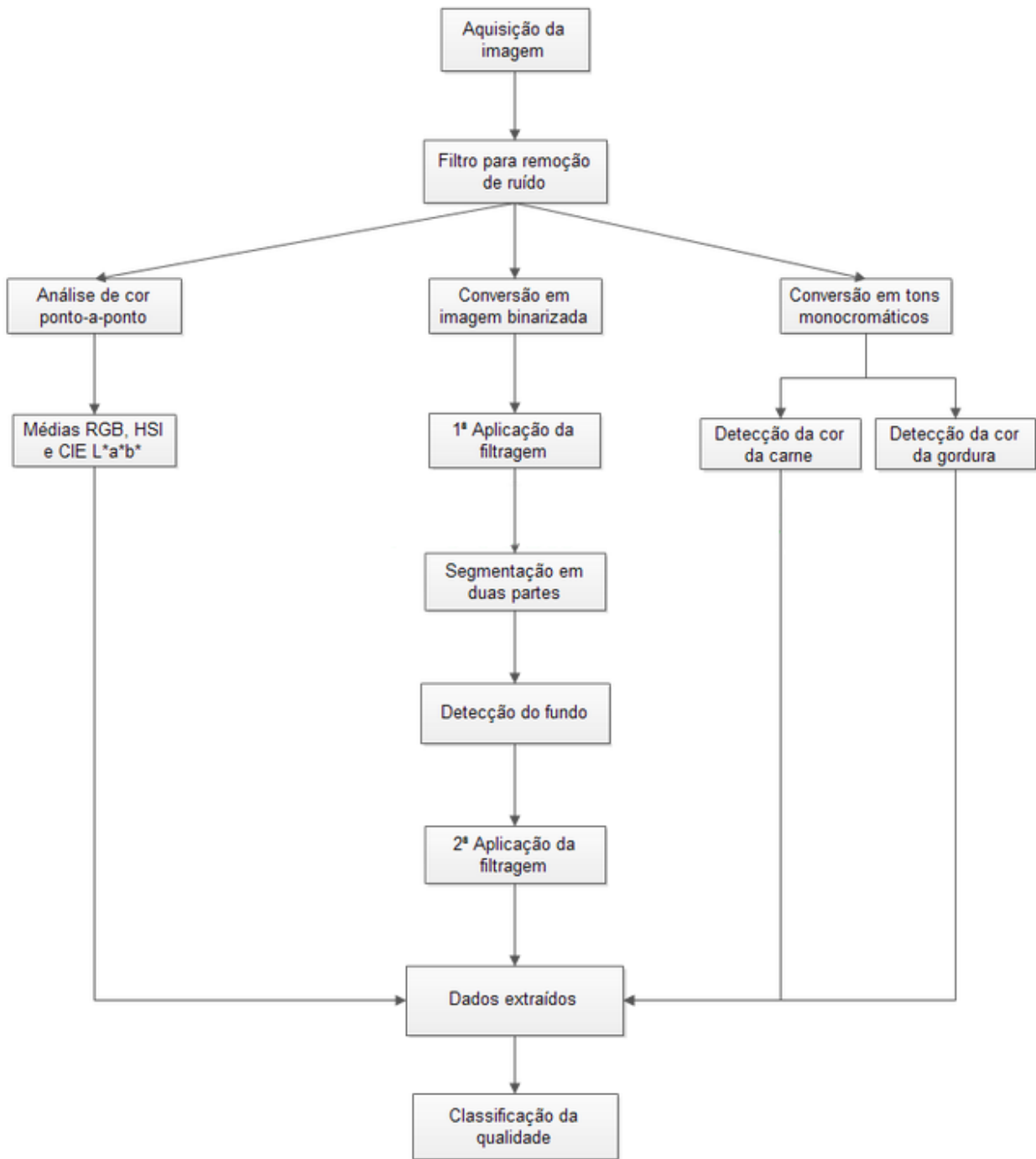


Figura 3.1: Etapas para a solução do problema

A seguir serão descritos como cada etapa citada no diagrama representado pela Figura 3.1 se comporta e quais algoritmos foram utilizados.

### 3.2.1 AQUISIÇÃO DA IMAGEM

Para a obtenção das imagens digitalizadas, utilizou-se um escâner com a resolução de 300 DPI. Com essa resolução se pôde ter confiabilidade suficiente e com tempo de processamento rápido.

Para a aquisição das imagens foi preciso que o escâner tivesse fundo branco ou claro, sendo que a amostra de carne poderia se encontrar em qualquer posição.

A Figura 3.2 demonstra uma das amostras adquiridas para a análise.

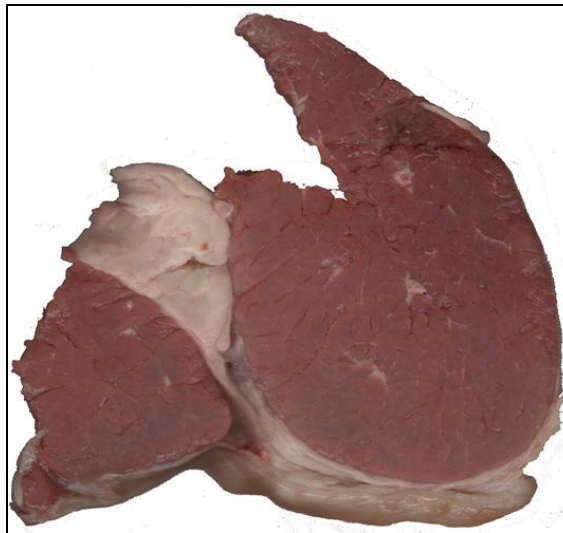


Figura 3.2: Amostra adquirida

Com a amostra adquirida, percebe-se que toda a parte branca (coloração clara) pode representar tanto o fundo como as fibras de gordura e até a gordura. Com isso, busca-se definir primeiramente o que é fundo e posteriormente as fibras de gordura.

### 3.2.2 FILTRAGEM PARA REMOÇÃO DE RUÍDO

A aplicação da filtragem visa eliminar as deficiências na imagem que podem apresentar pequenos ruídos durante a digitalização. A Figura 3.3 demonstra melhor a necessidade dessa filtragem.



Figura 3.1: Demonstração de ruído na amostra adquirida

Com base nos estudos em processamento de imagens, foi escolhido o filtro da mediana, para eliminar ruídos, por ser o mais utilizado com maior benefício em aplicações (FACON 2005).

### 3.2.3 ANÁLISE DE COR PONTO A PONTO

Após a etapa de aquisição de imagem e filtragem para remoção de ruído o operador poderá utilizar a funcionalidade para análise de *pixels* selecionando uma área específica, assim a área selecionada é verificada e serão exibidos os valores médios dos sistemas de cores RGB, HSI e CIE L\*a\*b\*.

O formato de cor RGB não é capaz de representar todas as cores perceptíveis por um humano, mas é uma boa aproximação. As cores geradas no monitor do computador são obtidas por um processo aditivo das cores vermelho, verde e azul. As cores do formato RGB são adequadas para gerar uma boa fração das cores visíveis porque o olho humano possui três tipos de detectores independentes, com respostas próximas de R, G e B. Com a análise humana, uma pessoa daltônica não tem um ou dois tipos desses detectores, por isso não é capaz de reconhecer todas as cores (FACON, 2005).

Os resultados obtidos na análise pelo formato de cor HSI podem servir para outras análises de diversas aplicações.

O uso do sistema de cor CIE  $L^*a^*b^*$  se deu por representar as cores pelo nervo óptico e o cérebro com estímulos de cor na retina que são traduzidos em distinções entre claro e escuro, vermelho e verde, e azul e amarelo (ADOBE, 2000).

A amostra de carne ao ser escaneada produz uma imagem que é armazenada como um bitmap (que se reproduz em uma imagem com um mapa de *pixels*) para se obter as informações de cor, marmoreio e gordura é necessário analisar *pixel a pixel* para separar os clusters que representam cada uma dessas regiões (tecido muscular, gordura externa e gordura interna ou marmoreio). Deste modo é importante que se analise a imagem ponto a ponto para que se obtenha tais informações.

### 3.2.4 CONVERSÃO EM IMAGEM BINARIZADA

Nesta etapa a imagem é binarizada para facilitar a sua manipulação, podendo assim separar o fundo, a carne e as fibras de gordura (marmoreio). Para realizar a binarização da imagem é preciso realizar alguns processos descritos a seguir:

**Aplicação da filtragem:** Para a descoberta do fundo da imagem foi utilizada a filtragem com o recurso da binarização e com o uso do algoritmo de Otsu, pois ele divide a imagem em duas classes (primeiro e segundo plano) e tem a capacidade de encontrar o valor ideal (limiar) para determinada imagem de acordo com os cálculos implementados no algoritmo. Acontece de forma automática e o algoritmo de Otsu está disponível no framework Aforge.NET.

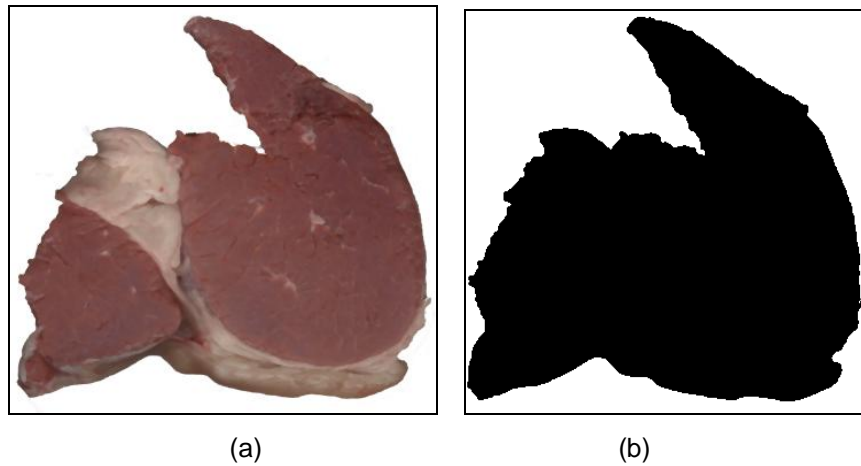


Figura 3.2: Uso do algoritmo de Otsu para extração do fundo  
(a) Amostra com ruídos eliminados (b) Extração do fundo na imagem

**Segmentação das duas partes:** Com o término da primeira filtragem é possível descobrir o fundo real da imagem com o valor ideal determinado pelo algoritmo de Otsu. Com isso, descobre-se a área representada pelo fundo e o restante da imagem.

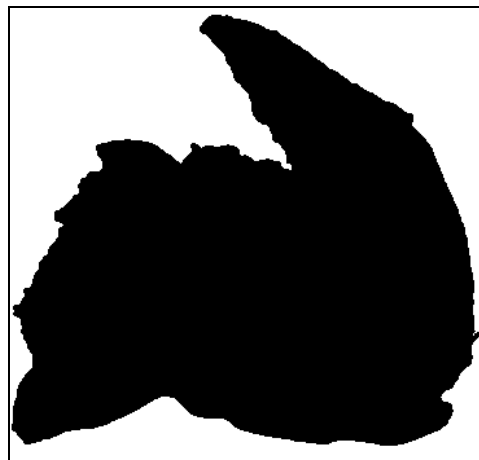


Figura 3.3: Área representativa da amostra da carne

**2ª Aplicação da filtragem:** Já descoberto o fundo da imagem é preciso aplicar um segundo filtro para separar a carne do marmoreio. Para a resolução desse problema foram feitos vários testes em várias amostras de carnes e verificou-se o melhor limiar para a eliminação das fibras de gordura. A técnica de limiar escolhida para a solução foi a limiarização global manual com o valor 150 devido também ao custo computacional pequeno e pela simplicidade do processo.

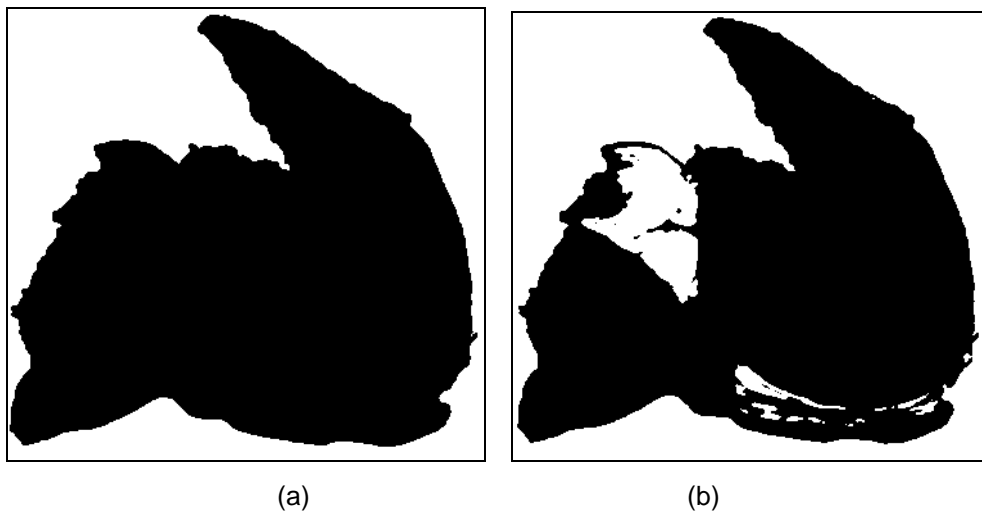


Figura 3.4: Limiar manual para separação da carne do marmoreio

(a) Representação da amostra (b) Separação da carne do marmoreio

### 3.2.5 CONVERSÃO EM TONS MONOCROMÁTICOS

Esta etapa tem como objetivo converter a imagem colorida em tons de cinza e com isso realizar a comparação dos tons de cores da cor da carne da tabela internacional existente.

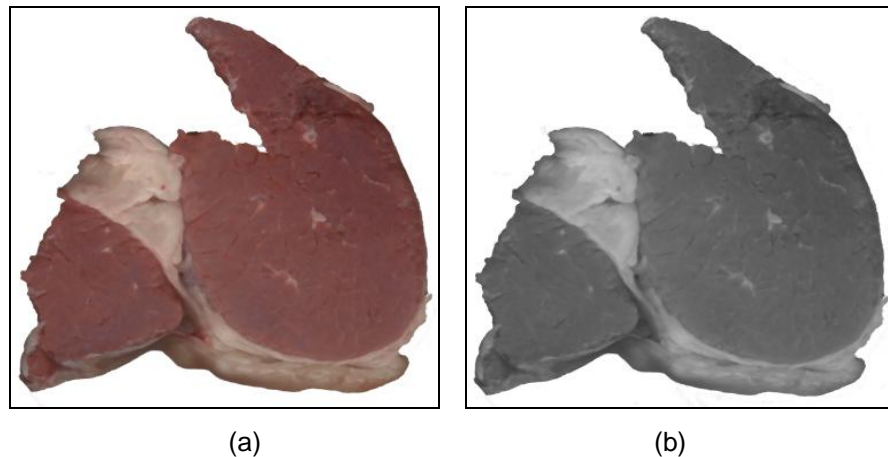


Figura 3.5: Conversão da amostra adquirida em níveis de cinza  
(a) Amostra com ruídos eliminados (b) Conversão em níveis de cinza

### 3.2.6 CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE

Na realização das etapas anteriores descritas terão como resultado:

- Análise de cor ponto a ponto: Os dados extraídos nessa etapa serão os valores das médias dos sistemas de cores RGB, HSI e CIE  $L^*a^*b^*$  na determinada seleção da área feita pelo operador;
- Conversão em imagem binarizada: Serão obtidos os valores da área total da imagem, da carne, gordura e marmoreio, juntamente com as respectivas porcentagens. Com a área de marmoreio, será extraída a quantidade de fibras de gordura no “centro” da carne e é comparada à tabela internacional dos padrões australianos;
- Conversão em tons monocromáticos: Convertendo a imagem em tons de cinza, será possível descobrir qual é o padrão comparado à tabela internacional do Japão, bovino da raça Wagyu, com os seus padrões de tons de cores definidos. Para a gordura será comparada da mesma forma com a tabela australiana.



### 3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Na digitalização das imagens para amostragem foi utilizado um scanner multifuncional da marca HP e o armazenamento das amostras se deu nos formatos Bitmap (BMP) e Joint Photographic Experts Group (JPG).

O estudo sobre as técnicas de processamento de imagens deu-se com o uso do AForge.NET *framework* com aplicativos de exemplos e com documentação, sob licença GNU GPL.

Na implementação dos algoritmos foi realizada utilizando a linguagem C# (lê-se “cê-sharp”) e o ambiente de desenvolvimento Visual Studio 2010, ferramentas de licença livre para versão estudante.

Os testes sobre processamento de imagens e a implementação do sistema foram feitos com uso de um computador com processador Pentium 4, 3.9 ghz e com 1GB de RAM, com o sistema operacional Windows XP.

O sistema foi desenvolvido utilizando a plataforma desktop, pois possui as características necessárias ao propósito.

Para a modelagem dos diagramas utilizou-se o software Astah\* Professional e as especificações da UML 2.0.

## **4 SISTEMA PROPOSTO**

### **4.1 ANÁLISE DA SITUAÇÃO**

Geralmente as pessoas requisitam exigência no consumo de alimentos, no caso da carne bovina é oferecido grande valor nutricional. Com isso, várias tecnologias existem para o controle da qualidade da carne bovina no mundo todo com o objetivo de garantir sempre a qualidade da carne para as pessoas.

Propõe-se então o desenvolvimento de um sistema capaz de classificar a qualidade da carne bovina. Com o uso do processamento e análise de imagens, é possível criar um sistema de visão artificial para diagnosticar amostras de carnes bovinas.

#### **4.1.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA**

Com base na situação apresentada, o sistema a ser desenvolvido visa à implementação de uma solução para a classificação da qualidade da carne bovina comparando-se com normas internacionais já existentes e testadas.

Por não ser um sistema completo com todas as mesmas funcionalidades implementadas de um frigorífico de grande porte, a confiabilidade do sistema não será de 100% mas as funcionalidades implementadas serão confiáveis em suas respectivas tarefas, então se pode dizer que é um sistema bastante confiável em relação ao sistema de processamento de imagens e aos diagnósticos feitos automaticamente.

### **4.2 ANÁLISE DE REQUISITOS**

O sistema deve ter a possibilidade de analisar as amostras de carnes bovinas obtidas através do operador e dessa maneira obter um diagnóstico de qualidade.

Deve conter os seguintes requisitos:

1. Aquisição das amostras: o operador irá obter imagens digitalizadas por um escâner das amostras de carne bovina do tipo contrafilé;

2. Processamento e análise de imagem: o sistema irá processar e analisar a imagem e extrair informações das propriedades da carne como os sistemas de cores, área principal, quantidade de marmoreio e classificar de acordo com as normas internacionais existentes para cor, marmoreio e gordura da amostra da carne bovina;
3. Emissão de relatórios: Após o diagnóstico feito pelo operador é possível a solicitação de um relatório para visualização da análise completa do sistema.

#### 4.2.1 USUÁRIO DO SISTEMA

O Quadro 4.1 demonstra o usuário e sua função no sistema proposto.

Usuário	Função
<b>Operador</b>	Responsável por carregar as amostras de carnes coletadas, processar e receber o resultado automaticamente, podendo exportar o arquivo de relatório.

Quadro 4.1: Usuário envolvido no sistema

#### 4.2.2 REQUISITOS FUNCIONAIS

Neste item serão listadas as funcionalidades do sistema proposto:

- Carregar imagem – o usuário carrega a amostra da carne que foi digitalizada;
- Salvar imagem – pode ser salvo imagens nos formatos .JPG, .BMP, .PNG e .TIFF;
- Sistemas de cores – faz a análise da área específica pelo usuário mostrando os valores de RGB, CIE L\*a\*b\* e HSI;
- Área – a imagem é segmentada para a obtenção da área de interesse (sem o fundo) utilizando o algoritmo de Otsu e a limiarização global manual de valor 150, relacionando os *pixels* achados com as respectivas propriedades da carne e suas porcentagens;

- Qualidade – mostra a classificação da qualidade da carne bovina com base na cor, quantidade de marmoreio e cor da gordura, em comparação às normas internacionais;
- Histograma – exhibe a relação dos *pixels* com os valores mínimos e máximos dos canais R, G e B, e também em escala de cinza que são graficamente desenhados com base na área específica de análise do usuário;
- Resultados – informa todos os resultados obtidos na análise;
- Exportar – é possível obter o relatório de toda a análise feita nos formatos .PDF e em formato de texto (.TXT);
- Padrões de qualidade – informa os padrões de qualidade coletados das normas internacionais com imagens, seus respectivos valores de qualidade e a fonte;

### 4.2.3 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Abaixo estão listadas as necessidades não funcionais do sistema:

- Desempenho: as tarefas de processamento de imagens são de custo computacional elevado, no entanto, deve ser mitigado, baseando-se na preocupação da qualidade da carne;
- Usabilidade: deve ter uma facilidade de uso, com isso terá maior produtividade e menor risco de erros. Para isso, o sistema tem uma interface amigável para obter um bom rendimento;
- Confiabilidade: o sistema deve ser o mais confiável possível em relação à extração correta das informações na carne e em seus resultados comparados às normas internacionais em vigor;
- Hardware e software: será vista a necessidade de se obter um software de qualidade com o mínimo de hardware possível.

#### 4.2.4 CASOS DE USO

Número	Caso de uso	Descrição	Usuário
C1	Carregar imagem	As amostras deverão ser carregadas para análise.	Operador
C2	Salvar imagem	As imagens manipuladas poderão ser salvas.	Operador
C3	Calcular área	A imagem será segmentada para o cálculo da área da carne.	Operador
C4	Avaliar carne	Será analisada a cor da carne por tons de cinza e vai ser comparada com a norma internacional.	Operador
C5	Calcular sistemas de cores	Serão feitos cálculos de médias dos sistemas RGB, HSI e CIE $L^*a^*b^*$ na área específica.	Operador
C6	Avaliar marmoreio	Será analisada a quantidade de marmoreio por segmentação e vai ser comparada com a norma internacional.	Operador
C7	Avaliar gordura	Será analisada a cor da gordura por tons de cinza e vai ser comparada com a norma internacional.	Operador
C8	Carregar histograma	Serão exibidos os canais R, G, B e escala de cinza com seus respectivos valores.	Operador
C9	Exportar resultados	Será possível exportar o relatório da análise feita.	Operador

Quadro 4.2: Descrição dos casos de uso

## 4.3 MODELAGEM DO SISTEMA

### 4.3.1 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

No diagrama abaixo são demonstrados os casos de uso do sistema definidos na análise de requisitos. O diagrama representa as funcionalidades do sistema que auxiliam no desenvolvimento e também para a demonstração para o usuário final ou o cliente. A Figura 4.1 ilustra o diagrama de casos de uso.

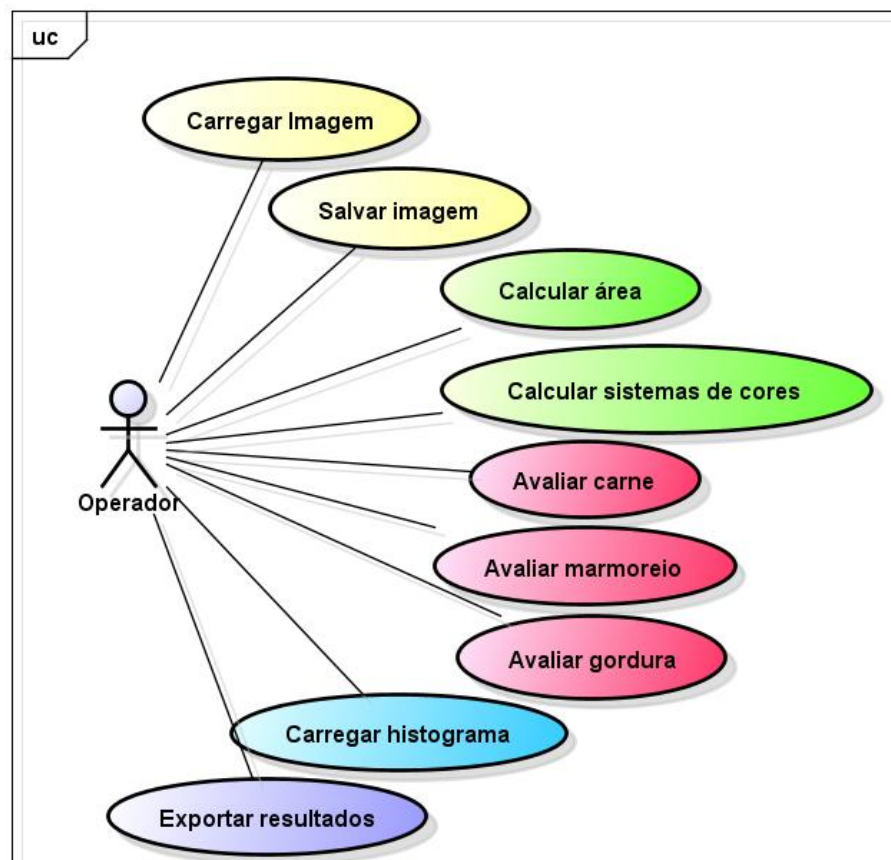


Figura 4.1: Diagrama de casos de uso

### 4.3.2 DIAGRAMA DE CLASSES

No diagrama abaixo são demonstradas as classes utilizadas no desenvolvimento, já que utilizou o paradigma da orientação a objetos. Com isso, é possível ter uma melhor identificação do papel que cada classe tem no sistema.

Criou-se as classes “RGB”, “HSI”, “LAB” e “XYZ” para a utilização dos sistemas de cores, classe “Conversao” para converter valores dos sistemas de cores em diferentes perspectivas, “Manipulaimagem” para manipulação da imagem como carregar ou salvar uma imagem, “Histograma” para exibição dos valores dos canais de cores, “Calculos” contendo as variáveis utilizadas e os métodos para os cálculos usados no sistema, “Main” onde serão chamados os métodos da aplicação para a exibição na interface do sistema. As referências utilizadas foram da Aforge (utilizado alguns filtros de imagem), ItextSharp (criação e manipulação de arquivos .PDF) e System (execução do sistema). A Figura 4.2 ilustra o diagrama de classes.

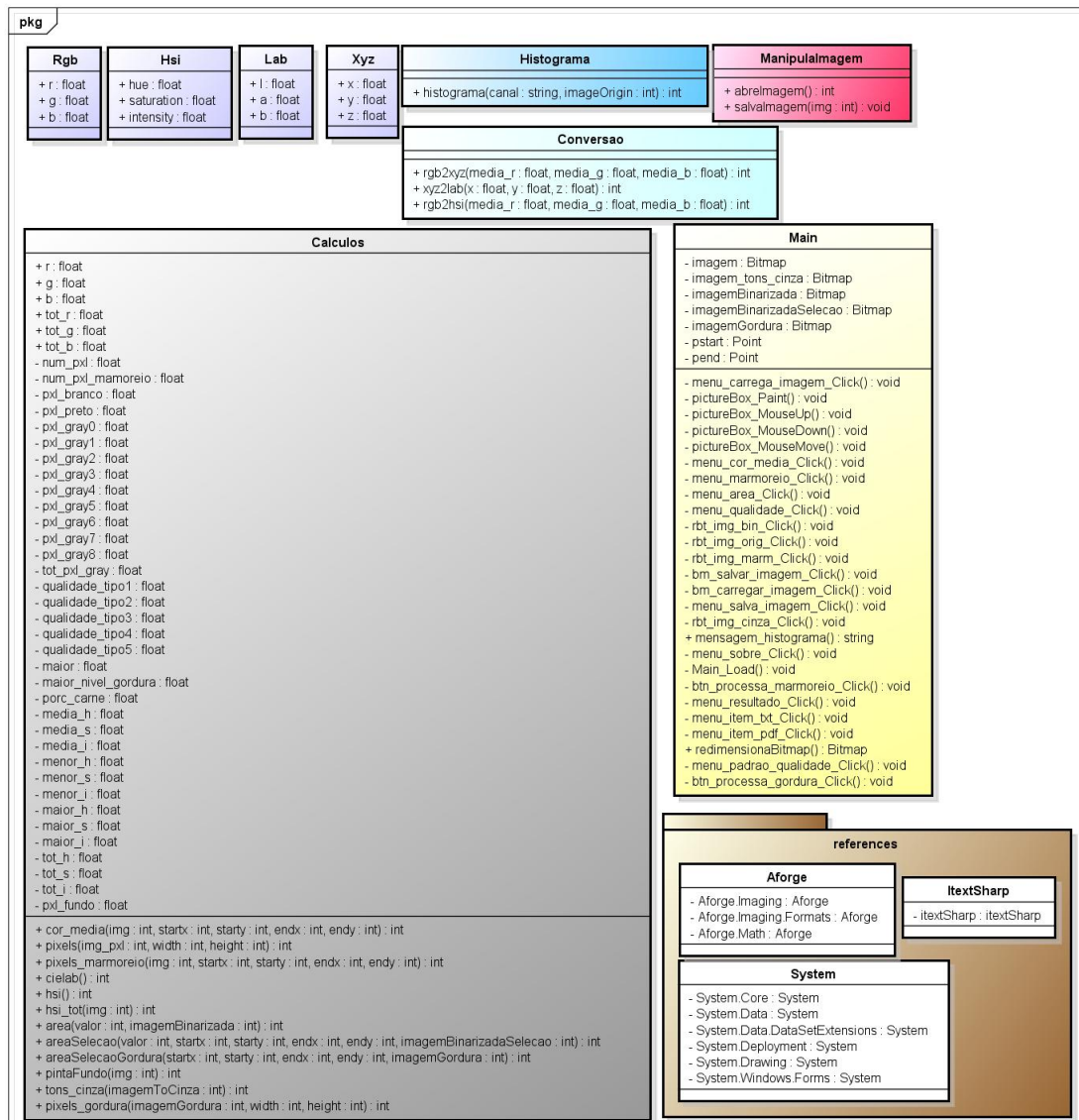


Figura 4.2: Diagrama de classes

### 4.3.3 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

Os diagramas abaixo visa demonstrar como as classes interagem para a realização de uma determinada ação no sistema, os diagramas “Qualidade da carne” e “Sistemas de cores” visam demonstrar os passos seguidos para a análise de uma amostra. A Figura 4.3 ilustra o diagrama de sequência para a qualidade da cor da carne e a Figura 4.4 ilustra o digrama de sequência para a análise dos sistemas de cores.

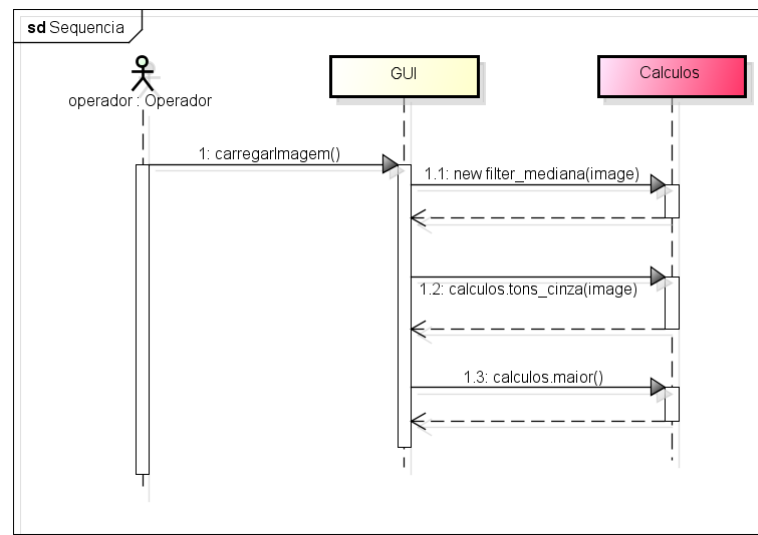


Figura 4.3: Diagrama de sequência para a análise da qualidade da cor da carne

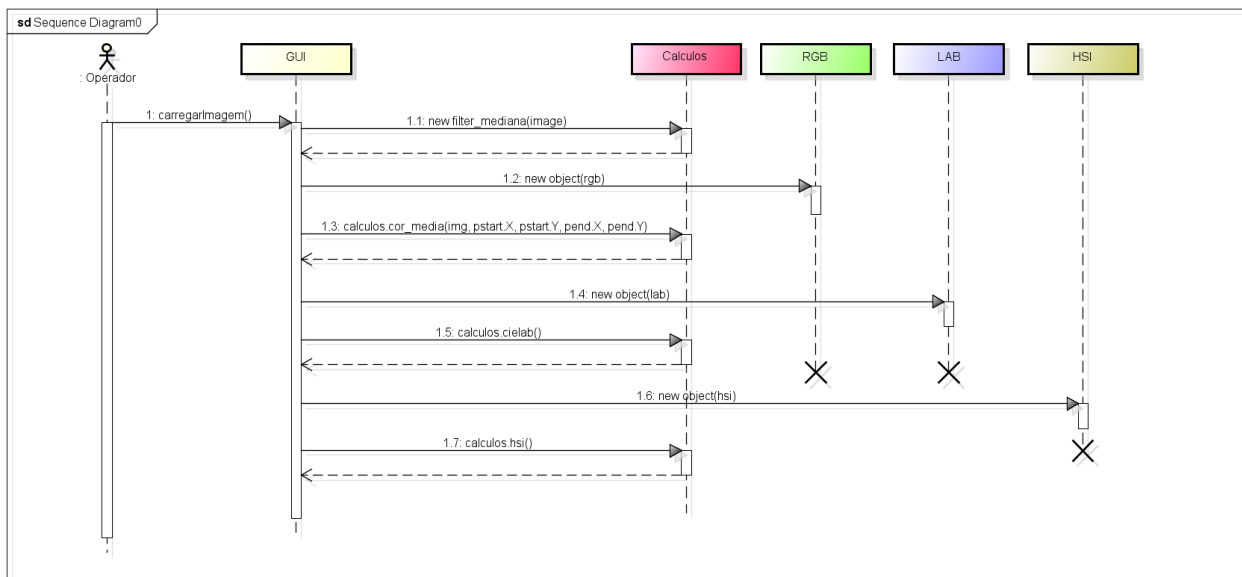


Figura 4.4: Diagrama de sequência para a análise dos sistemas de cores



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para mostrar os resultados foram feitos testes da classificação da qualidade da carne, do marmoreio e do nível de gordura, realizando testes com o software proposto e por um operador.

### Base de Dados

A base é composta por 15 amostras de carne bovina, sendo 14 amostras do tipo contrafilé e 1 amostra do tipo cupim (amostra 9) adquiridas e digitalizadas. A amostra de tipo diferenciada foi propositalmente coletada para mostrar o nível de marmoreio na carne, pois é um tipo geralmente com maior quantidade de marmoreio. A Figura 5.1 ilustra em imagem (a) uma amostra de contrafilé e uma imagem (b) uma amostra do tipo cupim. O Apêndice B ilustra todas as amostras utilizadas.

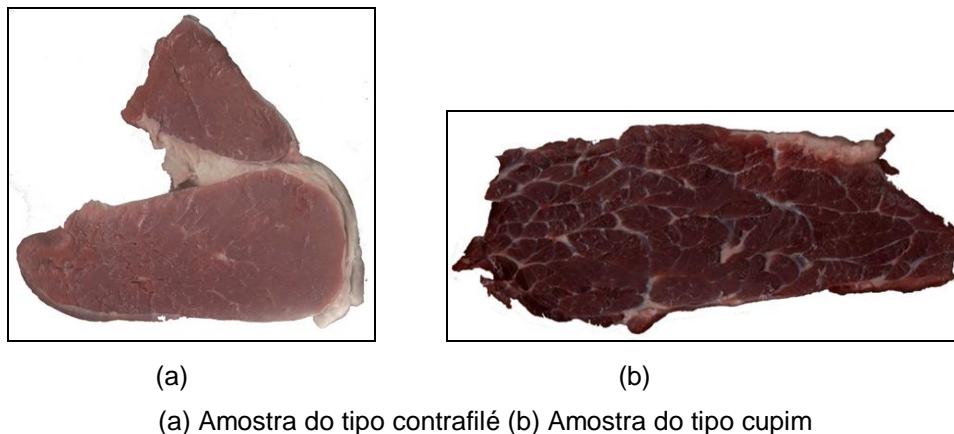


Figura 5.1: Amostras coletadas

### Tabelas Internacionais

Para a validação do software foram utilizadas tabelas internacionais do Japão, bovino da raça Wagyu para a cor da carne, da Austrália para o marmoreio e para a cor da gordura.

A Figura 5.2 ilustra os tons de cores utilizados e no Quadro 5.1 mostra os padrões de qualidade definidos pela raça Wagyu.

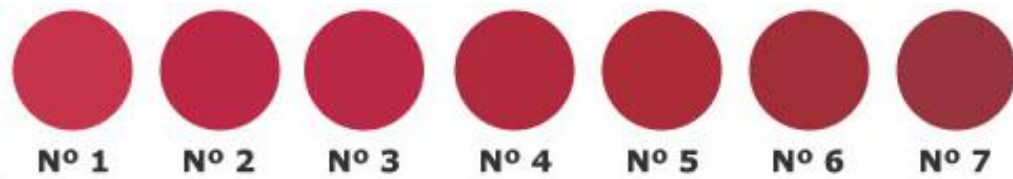


Figura 5.2: Tons de cores da tabela internacional

Qualidade da carne	Cor da carne
Excelente	3 a 5
Muito boa	2 a 6
Boa (média)	1 a 6
Regular	1 a 7
Ruim	1, 6 e 7

Quadro 5.1: Tabela de padrões com base na cor da carne (WAGYU, 2008)

A Figura 5.3 ilustra as quantidades de marmoreio e o Quadro 5.2 mostra o padrão de qualidade do marmoreio da Austrália.

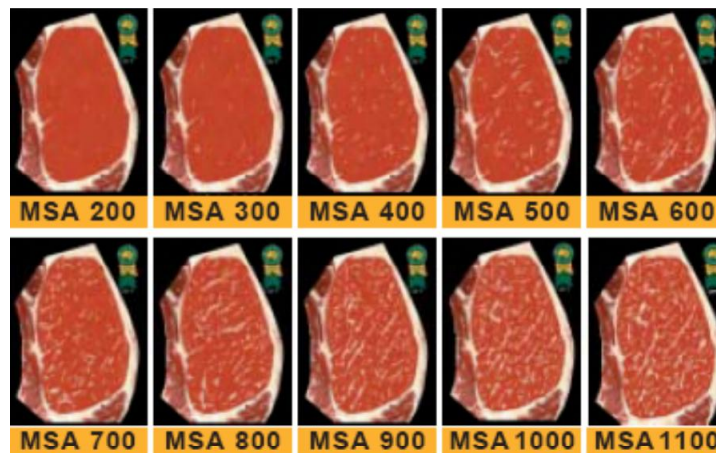


Figura 5.3: Padrões de marmoreio da Austrália (AUSMEAT, 2000)

Qualidade do marmoreio	Característica
MSA 200	Ruim
MSA 300	Regular
MSA 400	Regular
MSA 500	Boa
MSA 600	Boa
MSA 700	Muito boa
MSA 800	Muito boa
MSA 900	Muito boa
MSA 1000	Excelente
MSA 1100	Excelente

Quadro 5.2: Tabela de padrões de qualidade de marmoreio (AUSMEAT, 2000)

Para a classificação da qualidade da gordura a Figura 5.4 mostra os níveis de cores pelos padrões australianos.



Figura 5.4: Níveis de gordura do padrão australiano (AUSMEAT, 2000)

## Resultados dos experimentos

Para os experimentos foram realizados os testes com a base de dados utilizando o sistema proposto e com um operador. No quadro 5.3 são apresentados os 15 testes realizados.

### Resultado do Sistema Proposto

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>2</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>3</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>4</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>5</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>6</b>	Boa (média)	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>7</b>	Ruim	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>8</b>	Boa (média)	MSA 200 – Ruim	Nível 0
<b>9</b>	Ruim	MSA 300 - Regular	Nível 0
<b>10</b>	Excelente	MSA 200 - Ruim	Nível 0
<b>11</b>	Excelente	MSA 200 - Ruim	Nível 0
<b>12</b>	Excelente	MSA 200 - Ruim	Nível 0
<b>13</b>	Ruim	MSA 200 - Ruim	Nível 0
<b>14</b>	Excelente	MSA 200 - Ruim	Nível 0
<b>15</b>	Boa (média)	MSA 400 - Regular	Nível 5

Quadro 5.3: Resultados alcançados

Com base nesse resultado não se pode tirar conclusões totalmente confiáveis e favoráveis, visto que foi aplicado técnicas de estudo sobre processamento de imagens em padrões internacionais da qualidade da carne bovina já existente e atualmente utilizado em países como Estados Unidos, Austrália e Japão, por se tratar de uma tecnologia bastante promissora utilizando-se de uma análise menos subjetiva.

Em relação aos resultados obtidos na qualidade da carne, aproximadamente 26,7% das carnes foram classificadas excelentes, 20% classificadas boas e 53,3% ruins.

Em relação à classificação da qualidade do marmoreio nos testes feitos, aproximadamente 13,3% das amostras foram classificadas como regular e 86,7% como ruins.

Para a classificação da gordura foi obtido os níveis em que ela se encontrou. Aproximadamente 6,7% das amostras foram consideradas de nível 0 e 93,3% classificadas como nível 5.

Para realizar os testes foram feitas as comparações da análise humana e da análise computacional. Na análise a olho nu foram feitas as avaliações por 5 pessoas comparando as propriedades de cada amostra coletada com a mesma tabela internacional utilizada. No Quadro 5.4 mostra as análises feitas por uma delas, e no apêndice C se encontra as demais análises feitas pelas outras pessoas.

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	7 – ruim	MSA 600 - boa	1
<b>2</b>	7 – ruim	MSA 400 - regular	2
<b>3</b>	5 – excelente	MSA 500 - boa	2
<b>4</b>	6,8 – ruim	MSA 400 - regular	2
<b>5</b>	4,5 – excelente	MSA 500 - boa	3
<b>6</b>	5 – excelente	MSA 500 - boa	3
<b>7</b>	7 – ruim	MSA 300 - regular	4
<b>8</b>	4 - excelente	MSA 400 - regular	3
<b>9</b>	7 – ruim	MSA 800 – muito boa	2
<b>10</b>	4 - excelente	MSA 300 - regular	0
<b>11</b>	4 - excelente	MSA 300 - regular	0
<b>12</b>	3,5 – regular	MSA 200 - ruim	0
<b>13</b>	4 - excelente	MSA 200 - ruim	1
<b>14</b>	6 – ruim	MSA 200 - ruim	2
<b>15</b>	1 – ruim	MSA 400 - regular	0

Quadro 5.4: Análises feitas por um operador

Como conclusão pôde perceber a discrepância entre alguns resultados obtidos pelo analista humano comparado ao sistema proposto. Com base nos resultados de ambas as formas de avaliação, a Figura 5.5 mostra os resultados aproximados de acertos realizados pelos operadores de forma visual, comparados aos resultados de forma computacional.

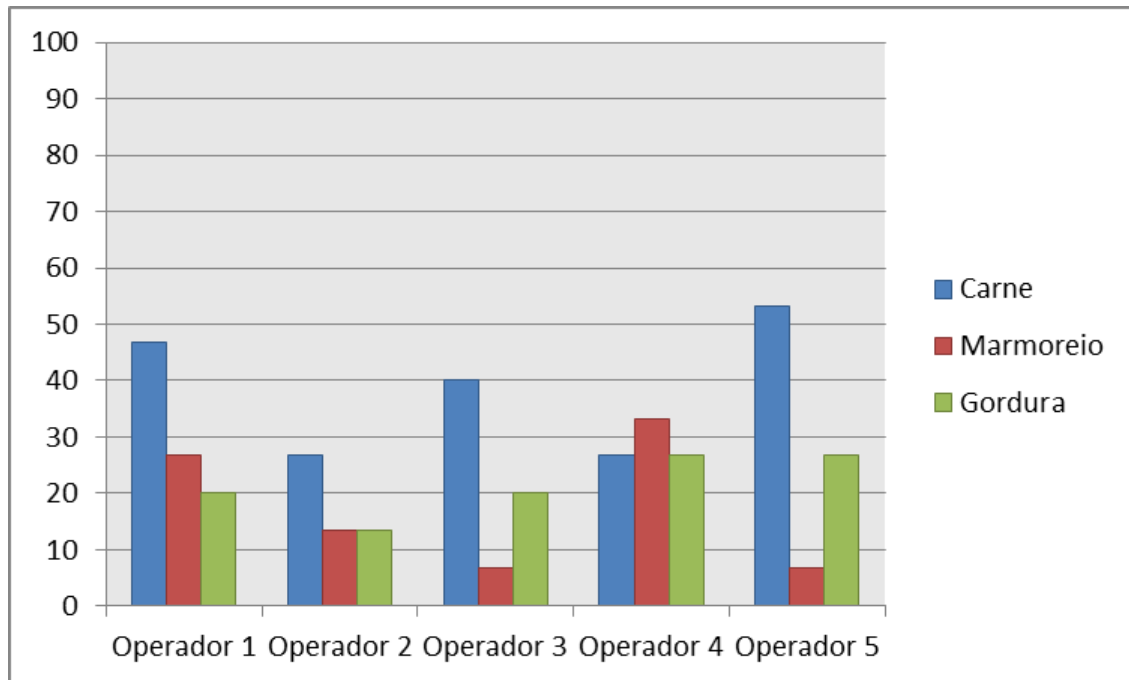


Figura 5.5: Resultado da avaliação de forma visual de acertos

Os testes, feitos de forma visual por operadores não treinados tiveram os seguintes acertos comparados ao sistema proposto aproximadamente:

Classificação	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4	Operador 5
<b>Carne</b>	46,7%	26,7%	40%	26,7%	53,3%
<b>Marmoreio</b>	26,7%	13,3%	6,7%	33,3%	6,7%
<b>Gordura</b>	20%	13,3%	20%	26,7%	26,7%

Quadro 5.5: Acertos por avaliação visual comparado ao sistema em porcentagens

A vantagem da utilização do método proposto em relação a visual humana é que o sistema faz a análise com mais objetividade, pois mostra resultados mais precisos mesmo que a análise se repita com resultados muito aproximados e quase sempre iguais. Já na análise visual há uma grande diferença de resultados, pois a análise é mais subjetiva, então as pessoas interpretam do jeito que veem.

Pelos testes a olho nu, se pode ver que muitos resultados foram diferentes entre as pessoas, percebe-se que, nem mesmo as pessoas têm certeza do que veem realmente.

Com este trabalho foi possível desenvolver uma solução computacional capaz de auxiliar na identificação das características da carne e realizar a classificação de qualidade baseado na tabela internacional.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado proporcionou uma solução para determinar a qualidade da carne bovina com o uso da tecnologia computacional, utilizando técnicas de processamento de imagens digitais, fazendo o diagnóstico da carne bovina.

Os filtros utilizados melhoram o resultado das imagens, reduzindo a quantidade de ruídos. A binarização da imagem ajuda na segmentação da parte da carne e do marmoreio. Níveis de cinza facilitam na classificação de tons diferentes de cores com a utilização de um único canal de cor. Essas técnicas de processamento de imagens mostraram-se úteis para resolver o problema proposto.

Com as funcionalidades implementadas no sistema não se pode dizer que é 100% confiável, pois há restrições de algumas funções existentes em sistemas completos utilizados em frigoríficos.

Para a validação do sistema foram feitas análises de forma visual e de forma computacional. Com os resultados obtidos chegou-se a conclusão de que a solução computacional pode ajudar muito, pois os resultados foram mais precisos e objetivos. Portanto, o sistema maioria dos casos pode ser mais confiável do que um analista humano.

Além da solução desenvolvida, este trabalho introduz ainda a tecnologia da análise da qualidade da carne bovina no Brasil por imagem computadorizada. Como trabalho futuro com base nesse trabalho pode abordar a área de inteligência artificial, como um módulo para um diagnóstico automático da qualidade da carne bovina e implantação deste tipo de sistema nos frigoríficos do Brasil.



## BIBLIOGRAFIA

ADOBE Systems. **Equação de conversão de sistemas de cores**. Abr. 2009. Disponível em [http://cookbooks.adobe.com/post\\_Useful\\_color\\_equations\\_\\_RGB\\_to\\_LAB\\_converter-14227.html](http://cookbooks.adobe.com/post_Useful_color_equations__RGB_to_LAB_converter-14227.html)>. Acesso em 26 Out. 2010.

ADOBE Technical Guides. **CIELAB – Color Models**. Dez. 2000. Disponível em [http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe\\_tg/models/cielab.html](http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html)>. Acesso em 18 Out. 2011.

ALBUQUERQUE, M. P.; ALBUQUERQUE, M. P. **Processamento de Imagens: Métodos e Análises**. Dez. 2005. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF>>. Acesso em 17 Out. 2011.

AFORGE.NET. **C# framework designed for developers and researchers in the fields of Computer Vision and Artificial Intelligence - image processing, neural networks, genetic algorithms, machine learning, robotics**. Disponível em <http://www.aforgenet.com/>>. Acesso em 05 Nov. 2010.

AUSMEAT. Meat-Standards-Australia. **Padrões australianos de carnes**. Dez. 2000. Disponível em <http://www.mla.com.au/Home> > Acesso em 17 Abr. 2011.

CIE. Colorimetry, 2 nd ed., CIE Publications n. 15.2, **Commission Internationale de l'Eclairage**, Viena, 1986.

COSTA, E. C. et al. **Composição Física da Carcaça, Qualidade da Carne e Conteúdo de Colesterol no Músculo Longissimusdorsi de Novilhos Red Angus Superprecoce, Terminados em Confinamento e Abatidos com Diferentes Pesos**. Ver. Bras. Zootec., Viçosa, v. 31, n. 1, Jan. 2002. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982002000200017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982002000200017&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 15 Set. 2010.

EASYRGB. **Equação de conversão de sistemas de cores**. Disponível em <http://www.easyrgb.com/>>. Acesso em 27 Nov. 2010.

FACON, Jacques; MENOTI, David; BOCHNIA, Gerson. FEPI: **Ferramenta de Processamento de Imagens** – Versão 2.0 – 2001. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curso de Mestrado em Informática Aplicada. 2005. Curitiba-PR

FELÍCIO, P.E. de. In: **Simpósio sobre Produção Intensiva de Gado de Corte**, 1998, Campinas. Anais. São Paulo. Colégio Brasileiro de Nutrição Animal (CBNA), 1998, p.92-99. Acesso em 17 Agosto 2011.

FELÍCIO, P.E. **Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas**. In: XXXVI Reunião Anual da SBZ, 1999, Porto Alegre. Anais. Rio Grande do Sul: Sociedade Brasileira de Zootecnia (no prelo). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. Disponível em <<http://www.fea.unicamp.br/deptos/dta/carnes/files/sbz1.pdf>>. Acesso em 19 Out. 2011.

GOMIDE, Lúcio; RAMOS, Eduardo; FONTES, Paulo. **Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 370 p.

HE, M. et. al. **Color Spaces and Their Conversions for Digital Earth**. Proceedings of the International Symposium on Digital Earth Science Press, 1999. Disponível em <<http://www.digitalearth-isde.org/cms/upload/2007-04-30/1177908829445.pdf>> Acesso em 17 Jun. 2010.

MACDOUGALL, D.B. **Colout of meat**. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Eds. Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products, Adv. Meat Res. – 9, capítulo 3, p. 79-93, 1994

MAROTTA, G. S. A; **Processamento digital de imagens**. UNIPAC. Ubá, 2007. Disponível em: <<http://www.brunojulio.xpg.com.br/exercicios/pdi/aula1.ppt>> Acesso em 15 Out. 2011.

MARQUES, P. A. S; **Processamento de imagens para análise de qualidade da carne bovina**. Ribeirão Preto, 2009.

MONTEIRO, L. H.; **Binarização por Otsu e outras técnicas usadas na detecção de placas**. Rio de Janeiro, 2008.

MURA, W. D.; **Detecção e diagnóstico automático da área foliar danificada da soja baseado em processamento e análise de imagens**. Bandeirantes-PR, 2007.

NIETO, L. M.; MARTINS, E. N. **Fatores genéticos que influenciam a qualidade da carne bovina** – revisão. Arq. Ciên. Vet. Zool. UNIPAR, 6(1): p.67-74,2003. Disponível em <<http://revistas.unipar.br/veterinaria/article/viewFile/797/695>>. Acesso em 10 Out. 2011.

PORTAL DO NEGÓCIO. **Bovinos da Raça Wagyu, uma raça ainda desconhecida no Brasil.**

Disponível em <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=23760>>. Acesso em 08 Mar. 2011.

RIISPOA - **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal.** 1952. Disponível

em <[http://www.agais.com/normas/riispoa/principal\\_riispoa.htm](http://www.agais.com/normas/riispoa/principal_riispoa.htm)>. Acesso em 07 Out. 2011.

SANTOS, A. R. **O uso da ultrassonografia na avaliação de carcaças em gado de corte – pontos de avaliação.** 2004. Disponível em <<http://www.beefpoint.com.br/radares-tecnicos/qualidade-da-carne/o-uso-da-ultrasonografia-na-avaliacao-de-carcacas-em-gado-de-corte-pontos-de-avaliacao-18613n.aspx>>. Acesso em 10 Out. 2011.

WAGYU. **Padrões de marmoreio e qualidade da carne e da gordura.** Associação Brasileira dos criadores de Bovinos da Raça Wagyu. 2008 Disponível em <<http://www.wagyu.org.br/sobre-a-raca-wagyu/padroes-de-marmoreio-cor-e-qualidade-da-carne-e-da-gordura/>>. Acesso em 17 Nov. 2010.

## **APÊNDICES**

# APÊNDICE A: SISTEMA DE ANÁLISE DE AMOSTRAS

## 1 O SISTEMA

O sistema foi desenvolvido voltado na área de processamento de imagens e reconhecimento de padrões, onde foi implementado os algoritmos para a classificação da qualidade da carne bovina do tipo contrafilé.

Possui uma interface amigável, como demonstra a Figura A.1, onde a navegação do sistema se torna intuitiva e de fácil acesso. Sua utilidade é para demonstração do método proposto como se fosse um sistema completo e confiável utilizado em frigoríficos atualmente em países desenvolvidos.

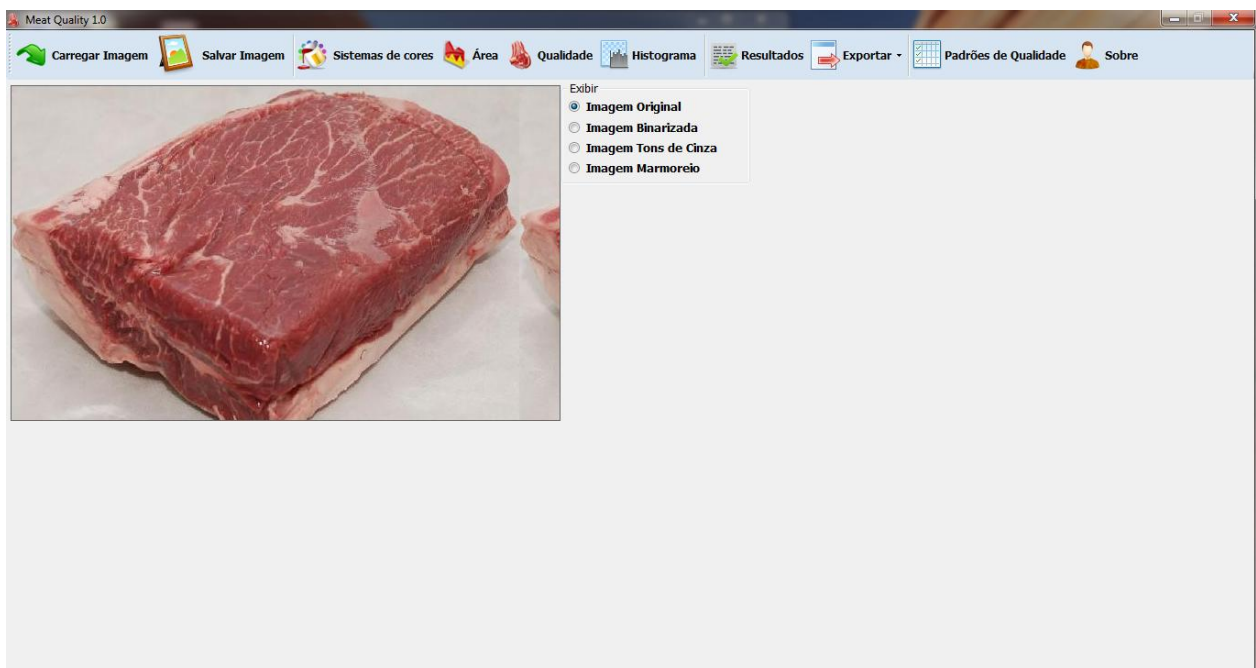


Figura A.1: Interface do sistema de análise

## 2 A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA EM ANÁLISE

Ao clicar no botão “Carregar Imagem” é exibida uma janela de seleção de arquivos, como demonstra a Figura A.2, onde é possível manipular arquivos do tipo imagem.

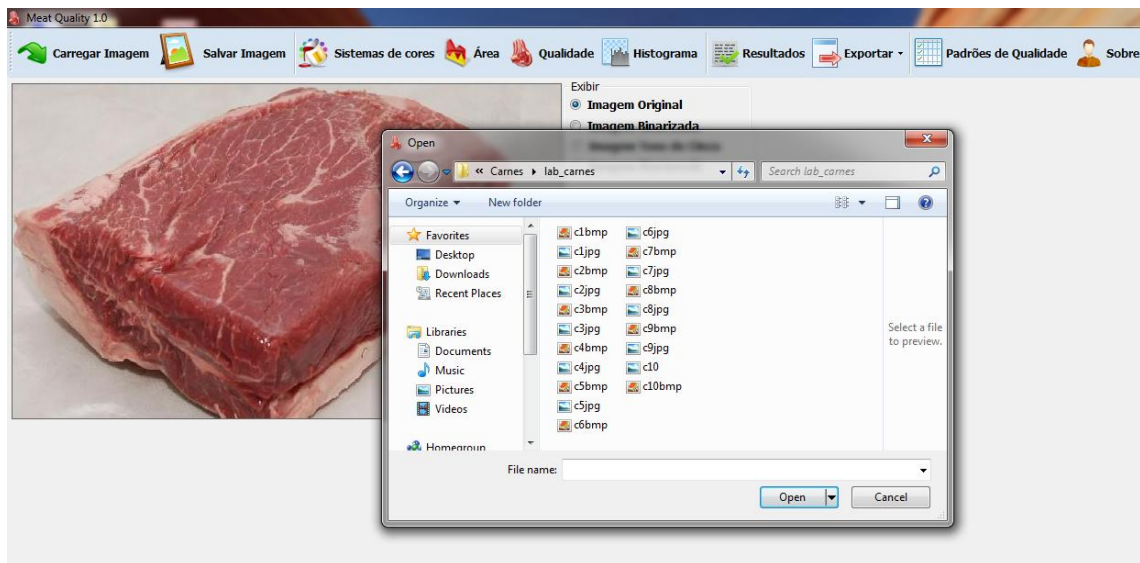


Figura A.2: Janela de seleção da imagem

Após a seleção da imagem, o operador poderá escolher entre analisar os *pixels* para descobrir as médias dos valores RGB, HSI e CIE L\*a\*b\*, encontrar a área da amostra na imagem ou descobrir sua classificação de qualidade. Ao carregar a imagem é feito automaticamente a correção da imagem com o filtro da mediana para eventual imperfeição na digitalização da amostra. Segue abaixo a demonstração dos processos que o operador poderá executar.

Para a análise dos pontos da amostra, o operador irá selecionar uma área de interesse da amostra para a análise e irá clicar no botão “Sistemas de cores”, fará a análise e exibirá o resultado das médias dos valores dos sistemas de cores RGB, HSI e CIE L\*a\*b\* como mostra na Figura A.3 abaixo.

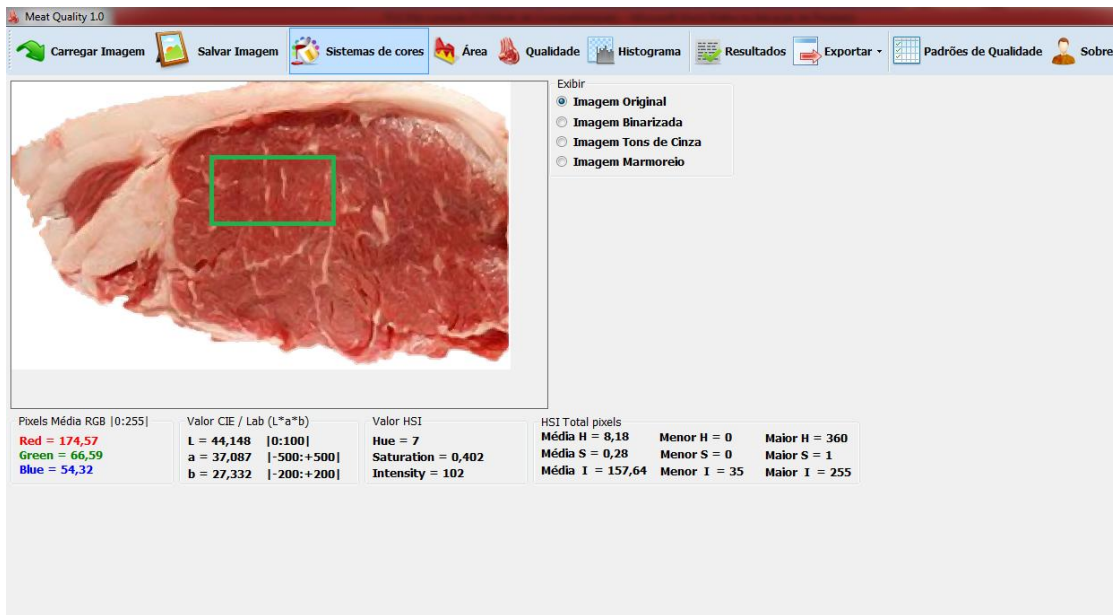


Figura A.3: Execução da análise dos *pixels* para os sistemas de cores

Para a análise da área representada pela carne bovina e suas propriedades o operador irá clicar no botão “Área” e o sistema irá processar a imagem para a binarização com a utilização do algoritmo de Otsu para a remoção do fundo e o valor limiar 150 para a extração das diferentes informações da carne, como mostra a Figura A.4 abaixo.

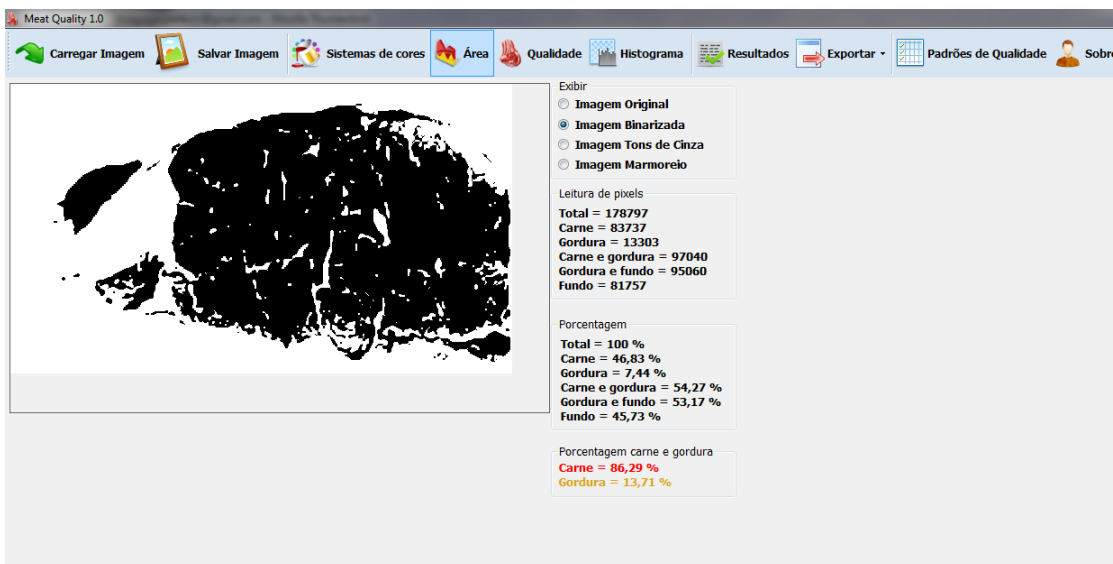


Figura A.4: Obtenção dos resultados da área da amostra

Para o resultado da qualidade da carne, basta o operador clicar em “Qualidade” e o sistema fará a comparação com a tabela internacional de tons avermelhados da raça bovina Wagyu, com o auxílio dos tons monocromáticos. Segue abaixo a Figura A.5 a demonstração deste processo.

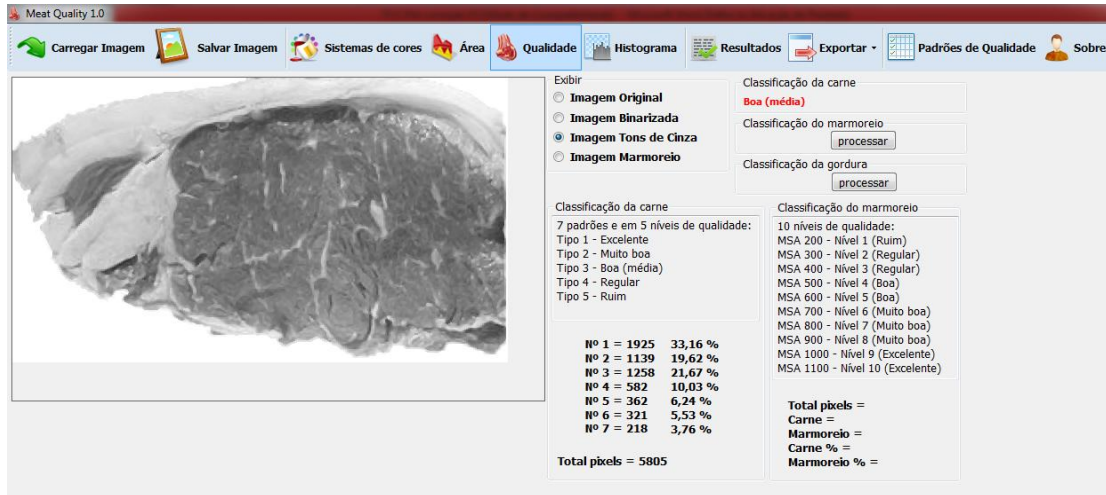


Figura A.5: Execução da qualidade pela cor da carne

Para a classificação do marmoreio é necessário que o operador selecione a área maior representada de marmoreio na amostra. Para melhor visualização do marmoreio, pode alterar para “Imagem original” e a partir daí, selecionar a área. Feito isso, o operador irá clicar no botão “processar” em classificação do marmoreio que será comparada à tabela dos padrões australianos. Segue na Figura A.6 a demonstração.

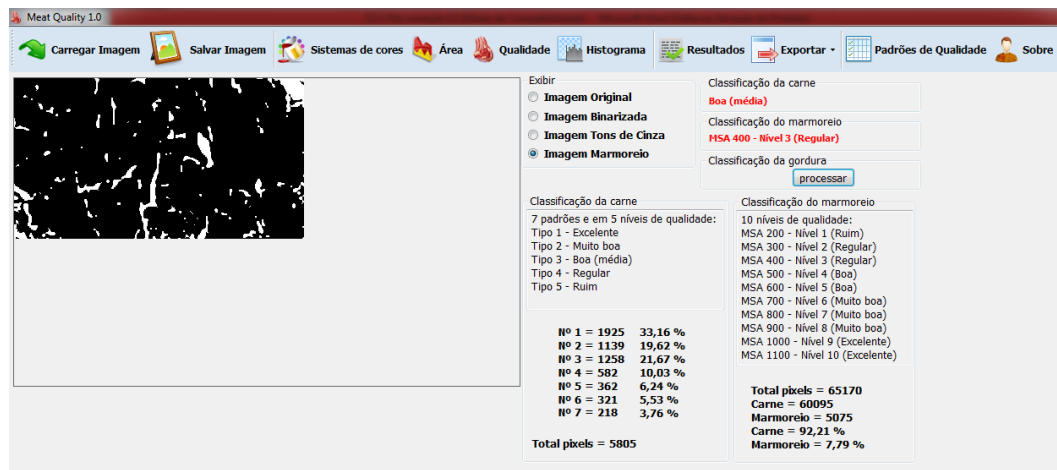


Figura A.6: Execução da classificação do marmoreio



Para a classificação da gordura é necessário que o operador selecione qualquer área de gordura representada na amostra. Para melhor visualização da gordura, pode alterar para “Imagem original” e a partir daí, selecionar a área. Feito isso, o operador irá clicar no botão “processar” em classificação da gordura e é comparada com a tabela dos padrões australianos exibindo em tons de cinza o nível de coloração. Segue na Figura A.7 a demonstração desse passo.

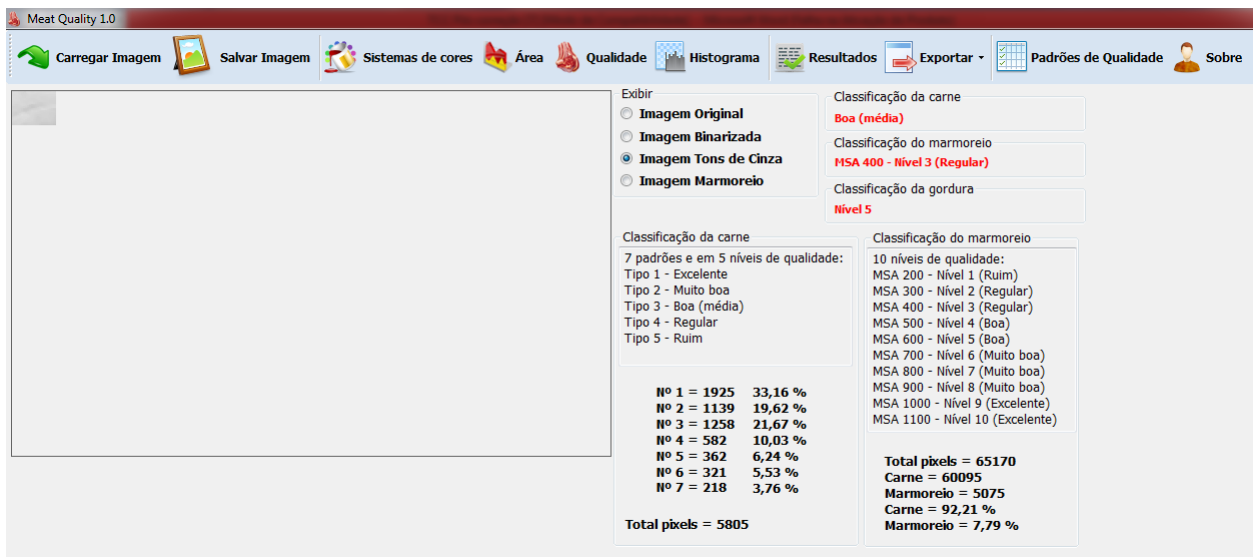


Figura A.7: Exibição do nível da classificação da gordura

A exibição do histograma é feita conforme a opção selecionada como: imagem original, imagem binarizada, imagem tons de cinza e imagem marmoreio. Para cada opção, o sistema mostra os valores dos canais R, G, B e GRAY. Segue Abaixo a demonstração de uma imagem original na Figura A.8, da imagem binarizada na Figura A.9, da imagem em tons de cinza na Figura A.10 e da imagem de marmoreio na Figura A.11.

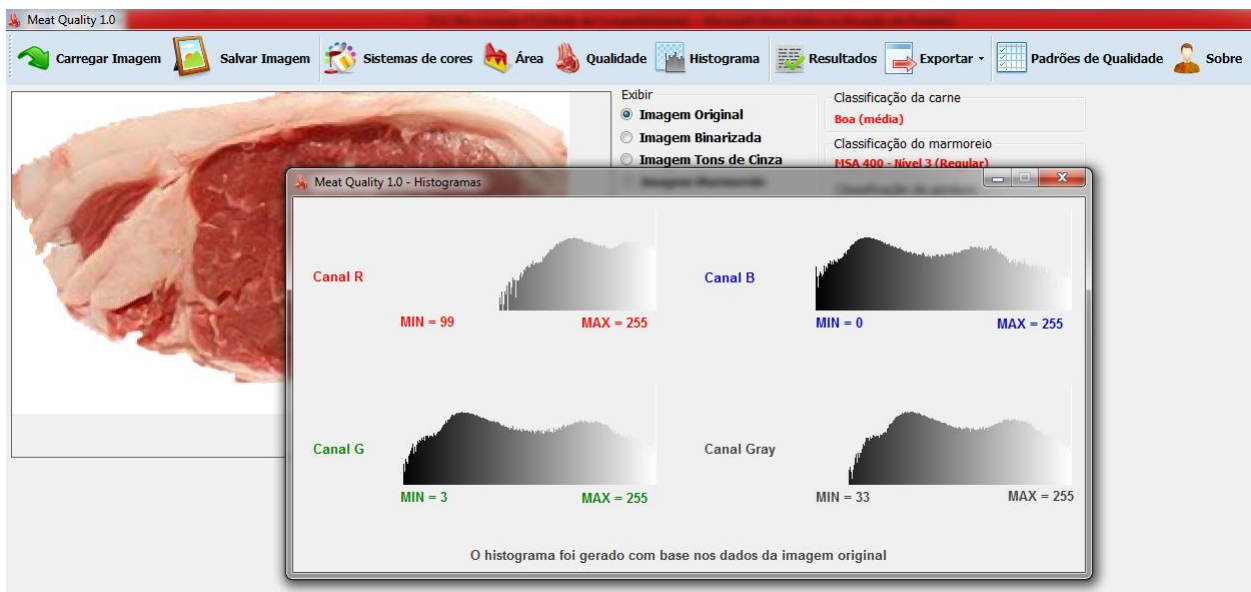


Figura A.8: Exibição do histograma com base nos dados da imagem original

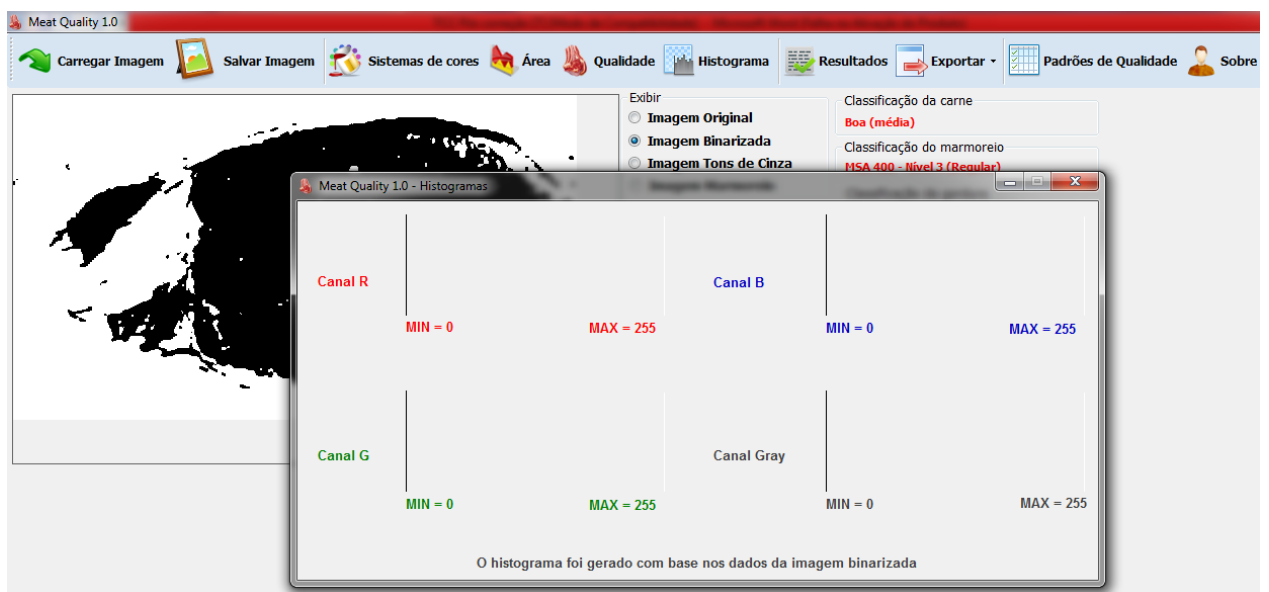


Figura A.9: Exibição do histograma com base nos dados da imagem binarizada

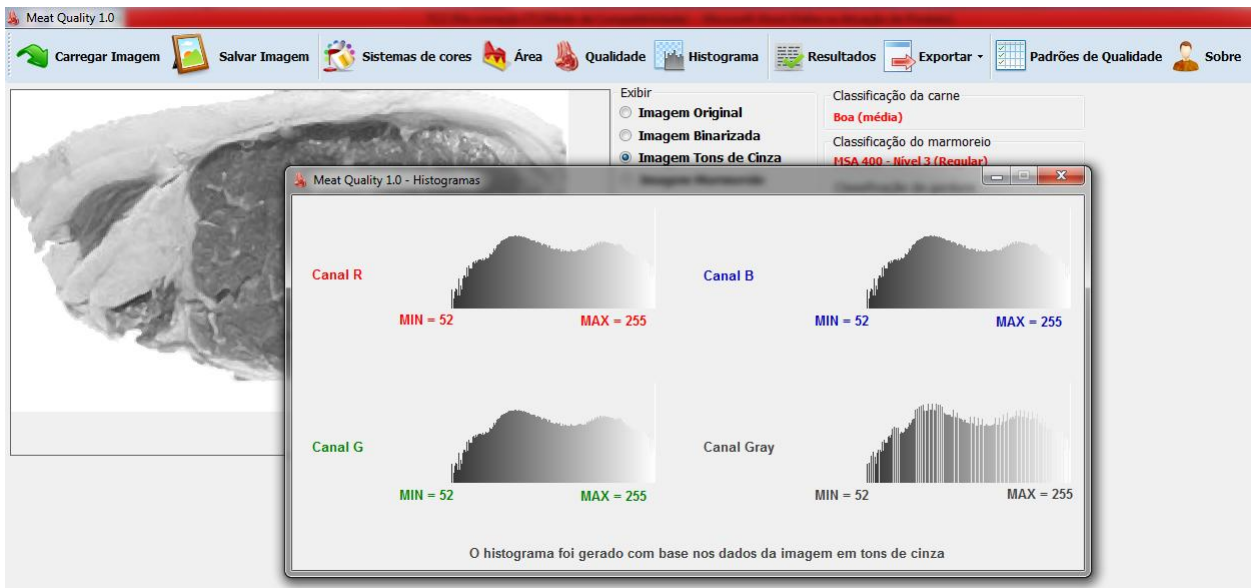


Figura A.10: Exibição do histograma com base nos dados da imagem em tons de cinza

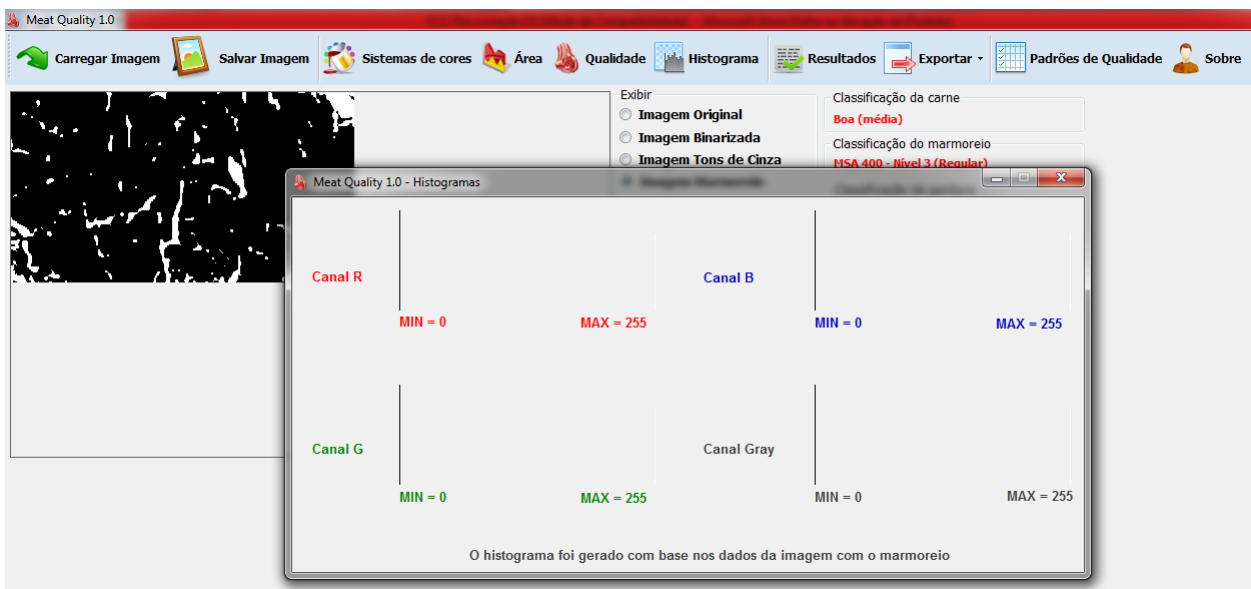


Figura A.11: Exibição do histograma com base nos dados da imagem com o marmoreio

Para a exibição dos resultados na interface, basta o operador clicar no botão “Resultados” como mostra a Figura A.12.

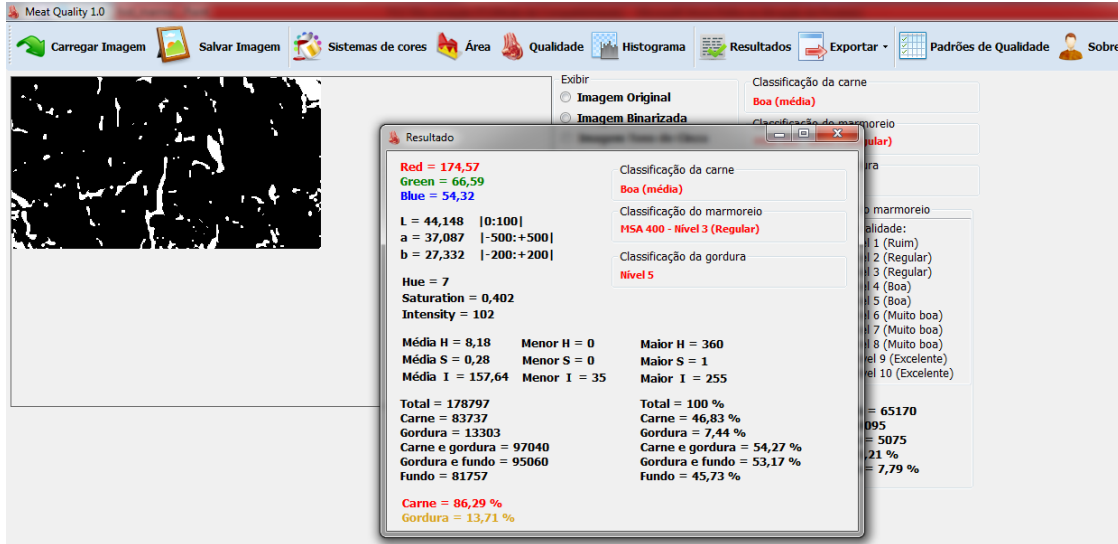


Figura A.12: Exibição dos resultados na tela

Para a verificação dos padrões de qualidade, o operador irá clicar no botão “Padrões de qualidade” conforme mostra a Figura A.13.

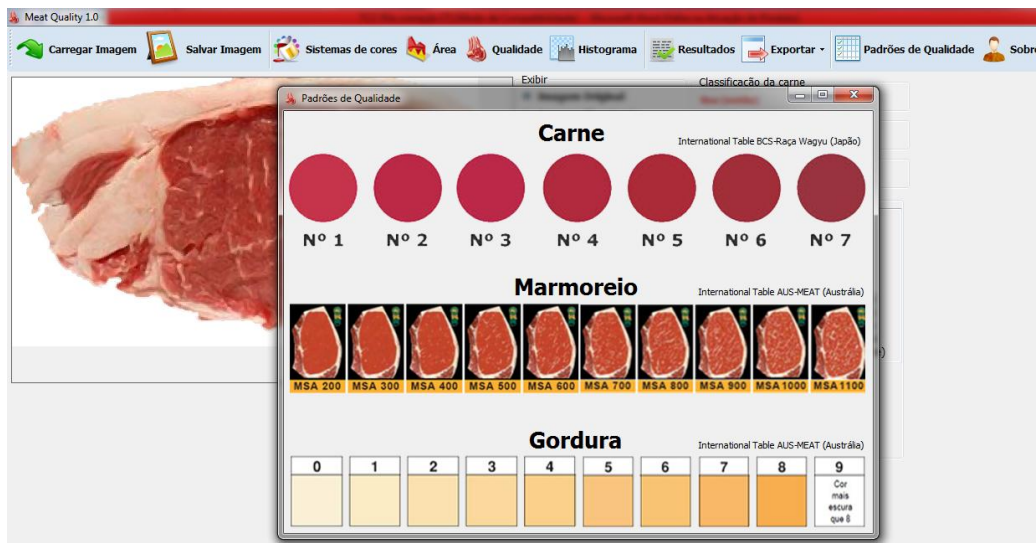


Figura A.13: Exibição dos padrões de referência

Para ter o registro das análises é bom que se tenha formas de gerar arquivos para consultas futuras. No sistema é possível gerar arquivos em forma de texto (.TXT) e em forma de relatório (.PDF). Segue abaixo na Figura A.14 em formato .TXT e na Figura A.15 em formato .PDF.

```

Texto MeatQuality 30-10-2011 - Notepad
File Edit Format View Help
Resultado da análise da amostra - Meat Quality 1.0

Pixels Média RGB |0:255|
Red = 174,57
Green = 66,59
Blue = 54,32

Valor CIE / Lab (L*a*b)
L = 44,148 |0:100|
a = 37,087 |-500:+500|
b = 27,332 |-200:+200|

Valor HSI
Hue = 7
Saturation = 0,402
Intensity = 102

Leitura de pixels
Total = 178797
Carne = 83737
Gordura = 13303
Carne e gordura = 97040
Gordura e fundo = 95060
Fundo = 81757

Porcentagem total
Total = 100 %
Carne = 46,83 %
Gordura = 7,44 %
Carne e gordura = 54,27 %
Gordura e fundo = 53,17 %
Fundo = 45,73 %

Porcentagem de carne e gordura
Carne = 86,29 %
Gordura = 13,71 %

Classificação da carne -> Boa (média)
Classificação do marmoreio -> MSA 400 - Nível 3 (Regular)
Nível da gordura -> Nível 5

```

Figura A.14: Resultado em forma de texto (.TXT)



Figura A.15: Resultado em forma de relatório (.PDF)


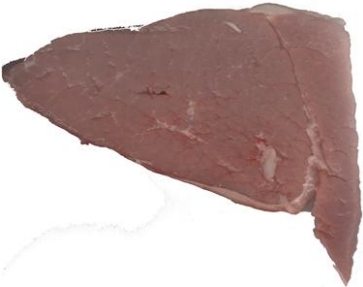


Por fim, na figura A.16 mostra a tela de créditos clicando no botão “Sobre” do sistema.



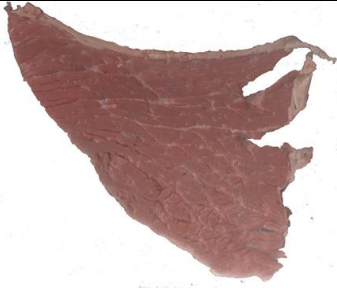



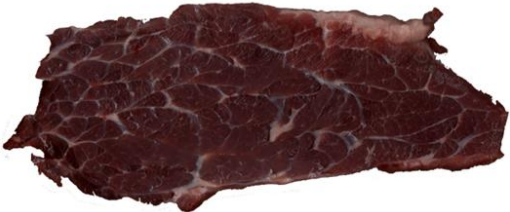

Figura A.16: Exibição da tela “Sobre”








**APÊNDICE B: AMOSTRAS ADQUIRIDAS PARA TESTE**

Número da amostra	Amostra adquirida
1	
2	
3	
4	



5	
6	
7	
8	
9	
10	

11	
12	
13	
14	
15	

## APÊNDICE C: TESTES REALIZADOS DE FORMA VISUAL

### Operador 1

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	7 – ruim	MSA 600 - boa	1
<b>2</b>	7 – ruim	MSA 400 - regular	2
<b>3</b>	5 – excelente	MSA 500 - boa	2
<b>4</b>	6,8 – ruim	MSA 400 - regular	2
<b>5</b>	4,5 – excelente	MSA 500 - boa	3
<b>6</b>	5 – excelente	MSA 500 - boa	3
<b>7</b>	7 – ruim	MSA 300 - regular	4
<b>8</b>	4 - excelente	MSA 400 - regular	3
<b>9</b>	7 – ruim	MSA 800 – muito boa	2
<b>10</b>	4 - excelente	MSA 300 - regular	0
<b>11</b>	4 - excelente	MSA 300 - regular	0
<b>12</b>	3,5 – regular	MSA 200 - ruim	0
<b>13</b>	4 - excelente	MSA 200 - ruim	1
<b>14</b>	6 – ruim	MSA 200 - ruim	2
<b>15</b>	1 – ruim	MSA 400 - regular	0

## Operador 2

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	7 – ruim	MSA 300 - regular	0,5
<b>2</b>	3 - muito boa	MSA 300 - regular	0
<b>3</b>	2 - boa	MSA 450 - boa	3
<b>4</b>	4 - excelente	MSA 350 - regular	2,5
<b>5</b>	2 - boa	MSA 450 - boa	2,5
<b>6</b>	1,5 - boa	MSA 500 - boa	4
<b>7</b>	5 - excelente	MSA 350 - regular	2
<b>8</b>	2,5 - boa	MSA 400 - regular	3,5
<b>9</b>	7 – ruim	MSA 400 – regular	2
<b>10</b>	1,5 – boa	MSA 300 - regular	2,5
<b>11</b>	1 – ruim	MSA 350 - regular	2,5
<b>12</b>	1 – ruim	MSA 350 - regular	3
<b>13</b>	2 - boa	MSA 250 - regular	3
<b>14</b>	1 – ruim	MSA 500 - boa	1,5
<b>15</b>	3 - muito boa	MSA 400 – regular	5

## Operador 3

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	7 – ruim	MSA 500 - boa	6
<b>2</b>	2 - boa	MSA 200 – Ruim	8
<b>3</b>	1,7- boa	MSA 500 - boa	9
<b>4</b>	6,5 – ruim	MSA 400 - regular	5
<b>5</b>	1,5 - boa	MSA 500 - boa	9
<b>6</b>	1,7 - boa	MSA 600 - boa	9
<b>7</b>	7 – ruim	MSA 400 - regular	0
<b>8</b>	1,8 - boa	MSA 700 – muito boa	7
<b>9</b>	7 – ruim	MSA 900 – muito boa	0
<b>10</b>	5,7 – ruim	MSA 500 - boa	7
<b>11</b>	3 - muito boa	MSA 600 - boa	4
<b>12</b>	3,5 – regular	MSA 400 - regular	5
<b>13</b>	3 - muito boa	MSA 500 - boa	0
<b>14</b>	1,4 – boa	MSA 900 – muito boa	9
<b>15</b>	6 – ruim	MSA 800 – muito boa	0

## Operador 4

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	5,5 - excelente	MSA 300 - regular	1
<b>2</b>	7 - ruim	MSA 200 – Ruim	0
<b>3</b>	5 - excelente	MSA 400 - regular	4
<b>4</b>	5,5 - ruim	MSA 200 – Ruim	5
<b>5</b>	1 - ruim	MSA 500 - boa	5
<b>6</b>	6,5 - ruim	MSA 600 - boa	5
<b>7</b>	4,5 - excelente	MSA 500 - boa	4
<b>8</b>	6 - ruim	MSA 500 - boa	4
<b>9</b>	4 - excelente	MSA 800 – muito boa	5
<b>10</b>	5 - excelente	MSA 200 – Ruim	1
<b>11</b>	1,5 - muito boa	MSA 300 - regular	1
<b>12</b>	5,5 - regular	MSA 300 - regular	0
<b>13</b>	1,5 - boa	MSA 200 - ruim	0
<b>14</b>	7 - ruim	MSA 400 - regular	5
<b>15</b>	5 - excelente	MSA 300 - Regular	5

## Operador 5

<b>Amostra</b>	<b>Classificação da qualidade da cor da carne</b>	<b>Classificação da qualidade do marmoreio</b>	<b>Classificação do nível de gordura</b>
<b>1</b>	6 - ruim	MSA 300 - regular	2
<b>2</b>	5 – excelente	MSA 200 – Ruim	0
<b>3</b>	1 - ruim	MSA 500 - boa	3
<b>4</b>	6 - ruim	MSA 400 - regular	3
<b>5</b>	1 - ruim	MSA 600 - boa	2
<b>6</b>	5,5 - regular	MSA 600 - boa	3
<b>7</b>	6 - ruim	MSA 500 - boa	3
<b>8</b>	1 - ruim	MSA 600 - boa	2
<b>9</b>	7 - ruim	MSA 800 – muito boa	4
<b>10</b>	4 - excelente	MSA 400 - regular	0
<b>11</b>	1 - ruim	MSA 400 - regular	0
<b>12</b>	1 - ruim	MSA 400 - regular	1
<b>13</b>	3,5 - regular	MSA 450 - boa	2
<b>14</b>	5 - excelente	MSA 700 – muito boa	3
<b>15</b>	1 - Ruim	MSA 600 - boa	5