



José Maria de Fonseca da Costa de Oliveira Santos
Licenciado em Ciências de Engenharia Química e Bioquímica

Análise estatística dos fatores *ante-mortem* que podem
influenciar a qualidade final da carne de suíno

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA E BIOQUÍMICA

Universidade NOVA de Lisboa
dezembro, 2021

Análise estatística dos fatores *ante-mortem* que podem influenciar a qualidade final da carne de suíno

José Maria de Fonseca da Costa de Oliveira Santos

Licenciado em Ciências de Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Professor Mário José Fernando Eusébio, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Coorientador: Joaquina Maria Martins Vitorino, Responsável de Qualidade e Segurança Alimentar da Área de Carnes, Jerónimo Martins

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Madalena Alves Campos de Sousa Dionísio Andrade, Professora Associada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguentes: Professora Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Vogais: Joaquina Maria Martins Vitorino, Responsável de Qualidade e Segurança Alimentar da Área de Carnes, Jerónimo Martins

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA E BIOQUÍMICA

Universidade NOVA de Lisboa
dezembro, 2021

Análise estatística dos fatores *ante-mortem* que podem influenciar a qualidade final da carne de suíno

Copyright © José Maria de Fonseca da Costa de Oliveira Santos, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha família e à Raquel

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Mário Eusébio, por todo o apoio, disponibilidade e espírito crítico, que foram essenciais no desenvolvimento deste trabalho.

À minha orientadora, Joaquina Vitoriano, pelo seu tempo e partilha de conhecimento acerca do tema que me permitiram alcançar os objetivos a que me propus.

Uma palavra também ao José Nuno Costa e à Teresa Nobre, que se mostraram sempre disponíveis para me ajudar e para me acompanhar na parte prática deste trabalho, partilhando comigo o seu conhecimento e experiência.

Ao Engenheiro Henrique Monteiro, pelo seu acompanhamento e auxílio constante nas instalações do matadouro, que me permitiu realizar a recolha de amostras sem grandes percalços.

A todo o pessoal trabalhador do matadouro que, de uma forma direta ou indireta, me permitiram concretizar a parte prática deste estudo.

À Dona Palminha, que me providenciou todos os materiais e espaço no laboratório necessário ao estudo das amostras recolhidas.

Ao meu colega Shelbe Alexandre, por me permitir utilizar a interface desenvolvida por si e pelo professor Mário Eusébio, que tornaram este trabalho possível.

Ao meu colega Carlos Pires, pelo esclarecimento de dúvidas relativas ao tratamento estatístico e por me facultar acesso à interface de estatística, por si desenvolvida.

Aos meus pais, por me terem aconselhado a seguir este caminho e por terem tornado possível este meu sonho.

A toda a minha família, pelo apoio e incentivos constantes.

À Raquel, por me acompanhar em mais uma jornada da minha vida, por me encorajar a ser melhor e mostrar que tudo é possível com esforço e dedicação.

A todos os meus amigos e colegas que ao longo destes 5 anos sempre se mostraram disponíveis a ajudar-me e por me terem feito crescer bastante, tanto a nível pessoal como profissional, e que me mostraram que há mais na vida académica para além dos livros.

A todos, um sincero obrigado!

*“There are no secrets to success.
It is the result of preparation, hard work, and learning from failure”
(Colin Powell)*

RESUMO

Este estudo pretendeu analisar o efeito de diversos fatores pré-abate, na ocorrência de carnes de menor qualidade, como as PSE. Os parâmetros da qualidade estudados foram o pH final, percentagem de exsudação e a cor da carne. Os fatores estudados foram a exploração de origem, o género, o peso líquido da carcaça, a densidade animal no transporte e na abegoaria, o tempo de espera pré-abate e o tempo de jejum.

A amostra foi composta por 180 animais, pertencentes a 7 explorações e 2 fornecedores distintos. Foram medidos valores de pH inicial (50 minutos *post-mortem*) e final (24 horas *post-mortem*) no matadouro, calculadas percentagens de exsudação (48 horas *post-mortem*) e medidos valores de luminosidade (L^*) das carnes dos animais amostrados.

Foi elaborada uma análise estatística ($\alpha=0,05$), recorrendo ao teste de qui-quadrado para as variáveis categóricas, ao teste *t-student* para as variáveis com distribuições normais e homogéneas e ao teste de *Mann-Whitney* para as variáveis com distribuições não paramétricas. Além disso, foi feita uma Análise de Componentes Principais (PCA) e uma análise utilizando a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS).

A exploração de origem dos animais apresentou um efeito significativo, tanto no pH final ($p=0,017$), como na cor da carne ($p=5,05E-4$). Das explorações analisadas, a exploração 7 foi a que apresentou piores resultados relativos à qualidade final da carne. A densidade animal no transporte apresentou-se como fator significativo na cor da carne ($p=0,015$). Os animais com menores áreas de descanso no veículo manifestaram carnes de cor mais clara, o que se poderá dever a uma dificuldade em descansar e maior propensão a lutas. O tempo de espera pré-abate foi um fator significativo no pH final ($p=0,041$). Os animais abatidos num tempo inferior a 1 hora exibiram maior qualidade, o que sugere que os suínos não descansam de uma forma eficaz na abegoaria. Finalmente, o tempo de jejum teve um efeito significativo na cor final da carne ($p=5,15E-4$). O facto dos animais com maior tempo de privação de comida revelarem maior qualidade da carne, parece indicar que deverá existir uma especial atenção para o emparelhamento entre a antecedência do jejum, ao início do transporte, e a hora de abate.

Para que seja reduzida a ocorrência de carnes de menor qualidade, como as PSE, deverão ser tidos em conta, com maior afinco, fatores da vida animal, como a densidade animal no transporte, tempo de espera pré-abate e o tempo de jejum.

Palavras chave: PSE, pH, Exsudação, Cor da carne, Fatores *ante-mortem*

ABSTRACT

This study aimed to analyse the effect of several pre-slaughter factors on the occurrence of lower quality meats, such as PSE. The quality parameters studied were final pH, percentage of exudation and meat colour. The factors studied were the farm of origin, gender, net carcass weight, animal density during transport and at the slaughterhouse, pre-slaughter waiting time, and fasting time.

The sample consisted of 180 animals from 7 farms and 2 different suppliers. Initial (50 minutes *post-mortem*) and final (24 hours *post-mortem*) pH values were measured in the slaughterhouse, exudation percentages were calculated (48 hours *post-mortem*) and brightness (L^*) values of the meat of the sampled animals were measured.

A statistical analysis was performed ($\alpha=0.05$), using the chi-square test for categorical variables, the *t-student* test for variables with normal and homogeneous distributions and the *Mann-Whitney* test for variables with non-parametric distributions. In addition, a Principal Component Analysis (PCA) and a Partial Least Squares Regression (PLS) analysis were performed.

The farm of origin of the animals showed a significant effect on both final pH ($p=0.017$) and meat colour ($p=5.05E-4$). Of the farms analysed, farm 7 was the one that presented the worst results regarding final meat quality. The animal density during transport was a significant factor in meat colour ($p=0.015$). Animals with smaller resting areas in the transport vehicle showed lighter coloured meat, which may be due to difficulty in resting and greater propensity to fight. Pre-slaughter waiting time was a significant factor in final pH ($p=0.041$). Animals slaughtered in a time of less than 1 hour exhibited higher quality, suggesting that the animals do not rest effectively in the slaughterhouse. Finally, fasting time had a significant effect on final meat colour ($p=5.15E-4$). The fact that animals with longer feed privation times showed higher meat quality seems to indicate that special attention should be paid to the pairing between the time of fasting before the start of transport and the time of slaughter.

In order to reduce the occurrence of lower quality meats such as PSE, animal life factors such as animal density during transport, pre-slaughter waiting time and fasting time should be taken more into account.

Keywords: PSE, pH, exudation, meat colour, *Ante-mortem* factors

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 O PORCO.....	7
2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNO.....	8
2.2.1 Fatores genéticos.....	8
2.2.2 Transporte da exploração ao matadouro	11
2.2.3 Matadouro	19
2.3 A QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNO.....	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	32
3.2 PARÂMETROS RELATIVOS AO BEM-ESTAR ANIMAL.....	32
3.2.1 Transporte	32
3.2.2 Tempo de espera, tempo de jejum e densidade animal na abegoaria	33
3.3 INDICADORES DA QUALIDADE FINAL DA CARNE.....	33
3.3.1 pH e temperatura.....	33
3.3.2 Perda de água por exsudação (Drip Loss).....	34
3.3.3 Cor da carne.....	35
3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO.....	37
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	39
4.1 PH INICIAL.....	39
4.2 PH FINAL.....	40
4.3 PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO	42
4.4 COR DA CARNE	44
4.5 EXPLORAÇÃO.....	47
4.6 GÊNERO	55
4.7 PESO LÍQUIDO DAS CARCAÇAS	59
4.8 DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE	63
4.9 TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE.....	67
4.10 TEMPO DE JEJUM	71
4.11 DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA	76
5. CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

ANEXO A - MODELO PLS.....	89
ANEXO B - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL EXPLORAÇÃO	91
ANEXO C - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL GÊNERO.....	96
ANEXO D - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL PESO LÍQUIDO.....	99
ANEXO E - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE.....	102
ANEXO F - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL TEMPO DE ESPERA PRÉ- ABATE	104
ANEXO G - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL TEMPO DE JEJUM.....	108
ANEXO H - TRATAMENTO ESTATÍSTICO DA VARIÁVEL DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO TOTAL DE CARNE (KTON), EM PORTUGAL..	1
FIGURA 1.2 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA (KTON), EM PORTUGAL.....	2
FIGURA 1.3 - DISTRIBUIÇÃO DOS TIPOS DE CARNE PRODUZIDOS EM PORTUGAL.....	3
FIGURA 1.4 - DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO DE CARNE SUÍNA POR REGIÃO DE PORTUGAL (NUTS II).....	4
FIGURA 2.1 - AS CINCO PRINCIPAIS PARTES DO PORCO.	7
FIGURA 2.2 - ZONA DE CONFORTO TÉRMICO DE SUÍNOS COM DIFERENTES TAMANHOS.	11
FIGURA 2.3 - ÍNDICE DE TEMPERATURA E HUMIDADE COM AS CATEGORIAS DO LIVESTOCK WEATHER SAFETY INDEX (LWSI).....	12
FIGURA 2.4 - DENSIDADES RECOMENDADAS (M ² / ANIMAL) DE ACORDO COM O PESO DOS SUÍNOS NO TRANSPORTE. ADAPTADO DE LAMBOOIJ (2007).....	17
FIGURA 2.5 - QUEDA DO pH EM MÚSCULOS DESTINADOS A TER UMA APARÊNCIA PSE, NORMAL OU DFD. ADAPTADO DE GREGORY & GRANDIN (1998) [52].	27
FIGURA 2.6 - ESQUEMA DO ENCOLHIMENTO DA PROTEÍNA DEVIDO À DIMINUIÇÃO DO pH DA CARNE (pH≈5,5) EM RELAÇÃO AO pH DO MÚSCULO (pH≈7). ADAPTADO DE HONIKEL (2009) [72].	28
FIGURA 3.1 - LOCALIZAÇÃO DA MEDIÇÃO DO pH E TEMPERATURA NO MÚSCULO LONGISSIMUS DORSI.	34
FIGURA 3.2 - RECIPIENTES EZ-DRIPLOSS COM EXSUDADO.	34
FIGURA 3.3 - EXEMPLO DE UMA AMOSTRA COLOCADA NO RECIPIENTE EZ-DRIPLOSS.	34
FIGURA 3.4 - ESTRUTURA CONSTRUÍDA PARA FOTOGRAFAR AS AMOSTRAS DE CARNE.	35
FIGURA 3.5 - EXEMPLO DA FOTOGRAFIA DE UMA AMOSTRA.	35
FIGURA 3.6 - DEMONSTRAÇÃO DE COMO A INTERFACE CHEGA A VALORES RGB, PARTINDO DA FOTOGRAFIA DE CADA AMOSTRA.	36
FIGURA 4.1 - BOXPLOT E HISTOGRAMA COM CURVA DE NORMALIDADE DOS VALORES DE pH INICIAL, MEDIDOS NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	40
FIGURA 4.2 - BOXPLOT E HISTOGRAMA COM CURVA DE NORMALIDADE DOS VALORES DE pH FINAL, MEDIDOS NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	41
FIGURA 4.3 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O pH INICIAL E O pH FINAL DO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	41
FIGURA 4.4 - BOXPLOT E HISTOGRAMA COM CURVA DE NORMALIDADE DOS VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, MEDIDOS NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	43
FIGURA 4.5 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O pH FINAL E A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, DO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	43
FIGURA 4.6 - REGRESSÃO POR MÍNIMOS QUADRADOS PARCIAIS (PLS), EM RELAÇÃO À VARIÁVEL PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, SEM E COM A VARIÁVEL LUMINOSIDADE (L [*]).	44
FIGURA 4.7 - VALORES DE LUMINOSIDADE (L [*]) E DAS COORDENADAS CROMÁTICAS A [*] E B [*] , DE ACORDO COM A MATRIZ CIELAB.	45

FIGURA 4.8 - BOXPLOT E HISTOGRAMA COM CURVA DE NORMALIDADE DOS VALORES DA LUMINOSIDADE (L^*), MEDIDOS NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	46
FIGURA 4.9 - MATRIZES DE CORRELAÇÃO ENTRE O pH FINAL E A LUMINOSIDADE (L^*) E ENTRE A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E A LUMINOSIDADE (L^*).....	46
FIGURA 4.10 - VALORES DO pHU DE CADA EXPLORAÇÃO.....	48
FIGURA 4.11 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO DE CADA EXPLORAÇÃO.....	48
FIGURA 4.12 - VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*) DE CADA EXPLORAÇÃO.....	49
FIGURA 4.13 - MATRIZ DO pH FINAL E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, pH FINAL E LUMINOSIDADE (L^*) E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L^*), COM AS RESPECTIVAS EXPLORAÇÕES.....	51
FIGURA 4.14 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), SEM OS VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO À EXPLORAÇÃO DE ORIGEM DOS SUÍNOS.....	52
FIGURA 4.15 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), SEM OS VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO AO FORNECEDOR DE ORIGEM DOS SUÍNOS.....	52
FIGURA 4.16 - GRÁFICO DE VALORES PRÓPRIOS, SEM A VARIÁVEL LUMINOSIDADE (L^*).....	53
FIGURA 4.17 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), COM OS VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO À EXPLORAÇÃO DE ORIGEM DOS SUÍNOS.....	53
FIGURA 4.18 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), COM OS VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO AO FORNECEDOR DE ORIGEM DOS SUÍNOS.....	54
FIGURA 4.19 - GRÁFICO DE VALORES PRÓPRIOS, COM A VARIÁVEL LUMINOSIDADE (L^*).....	54
FIGURA 4.20 - VALORES DE pH FINAL DE CADA GÊNERO DE ANIMAL.....	56
FIGURA 4.21 - VALORES DE PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO DE CADA GÊNERO.....	56
FIGURA 4.22 - VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*) DE CADA GÊNERO.....	57
FIGURA 4.23 - MATRIZ DO pH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, DO pH FINAL/LUMINOSIDADE (L^*) E DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L^*), COM O GÊNERO DOS ANIMAIS.....	58
FIGURA 4.24 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), SEM A VARIÁVEL LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO AO GÊNERO DOS SUÍNOS.....	59
FIGURA 4.25 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS 3D (PCA), COM A VARIÁVEL LUMINOSIDADE (L^*), EM RELAÇÃO AO GÊNERO DOS SUÍNOS.....	59
FIGURA 4.26 - VALORES DO pH FINAL DE CADA PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG) E A MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O pH FINAL E O PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG).....	61
FIGURA 4.27 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO COM O PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG) E A MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E O PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG).....	61
FIGURA 4.28 - VALORES DA LUMINOSIDADE (L^*) COM OS INTERVALOS DO PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG) E A CORRELAÇÃO ENTRE A LUMINOSIDADE (L^*) E O PESO LÍQUIDO DA CARÇAÇA (KG).....	62
FIGURA 4.29 - MATRIZ DO pH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, pH FINAL/LUMINOSIDADE (L^*) E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO (%) /LUMINOSIDADE (L^*), COM O PESO LÍQUIDO DAS CARÇAÇAS DOS ANIMAIS.....	63
FIGURA 4.30 - VALORES DO pH FINAL COM A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE ($M^2/100KG$) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O pH FINAL E A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE.....	65
FIGURA 4.31 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO COM A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE ($M^2/100KG$) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE.....	65
FIGURA 4.32 - VALORES DA LUMINOSIDADE (L^*) COM A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE ($M^2/100KG$) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A LUMINOSIDADE (L^*) E A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE.....	66

FIGURA 4.33 - MATRIZ DO PH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, PH FINAL/LUMINOSIDADE (L*) E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L*), COM A DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE (M ² /100KG).	67
FIGURA 4.34 - VALORES DO PH FINAL COM O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O PH FINAL E O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE.....	68
FIGURA 4.35 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO COM O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE.	69
FIGURA 4.36 - VALORES DA LUMINOSIDADE (L*) COM O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A LUMINOSIDADE (L*) E O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE.	70
FIGURA 4.37 - MATRIZ DO PH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, PH FINAL/LUMINOSIDADE (L*) E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L*), COM O TEMPO DE ESPERA PRÉ-ABATE.	71
FIGURA 4.38 - VALORES DO PH FINAL COM O TEMPO DE JEJUM (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O PH FINAL E O TEMPO DE JEJUM.....	73
FIGURA 4.39 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO COM O TEMPO DE JEJUM (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E O TEMPO DE JEJUM.....	73
FIGURA 4.40 - VALORES DA LUMINOSIDADE (L*) COM O TEMPO DE JEJUM (H) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A LUMINOSIDADE (L*) E O TEMPO DE JEJUM.	74
FIGURA 4.41 - MATRIZ DO PH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, DO PH FINAL/LUMINOSIDADE (L*) E PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L*), COM O TEMPO DE JEJUM.	75
FIGURA 4.42 - VALORES DO PH FINAL COM A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O PH FINAL E A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG).	77
FIGURA 4.43 - VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO COM A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO E A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG).....	77
FIGURA 4.44 - VALORES DA LUMINOSIDADE (L*) COM A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG) E MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A LUMINOSIDADE (L*) E A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG).	78
FIGURA 4.45 - MATRIZ DO PH FINAL/PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO, PH FINAL/LUMINOSIDADE (L*), PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO/LUMINOSIDADE (L*), COM A DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA (M ² /100KG).	79

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - CRITÉRIOS E RESPECTIVA CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS MUSCULARES DOS SUÍNOS.....	8
TABELA 2.2 - COMPARAÇÃO DE VALORES RECOMENDADOS PARA DENSIDADE ANIMAL NO TRANSPORTE DA EXPLORAÇÃO AO MATADOURO.....	18
TABELA 2.3 - DENSIDADES ANIMAIS RECOMENDADAS PELA INDÚSTRIA DINAMARQUESA NOS MATADOUROS TENDO EM CONTA O TEMPO DE DESCANSO DOS SUÍNOS..	20
TABELA 2.4 - EFEITO NO TEMPO DE DESCANSO PRÉ-ABATE NO PESO DAS CARCAÇAS E NA QUALIDADE DA CARNE EM PORCOS EM REPOUSO COM DURAÇÕES DISTINTAS.....	21
TABELA 2.5 - EFEITOS DE DIFERENTES TEMPOS DE DESCANSO PRÉ-ABATE NOS SUÍNOS.	22
TABELA 2.6 - TEMPO MÁXIMO PERMITIDO DESDE O ATORDOAMENTO ATÉ AO INÍCIO DA SANGRIA.....	24
TABELA 2.7 - VALORES DE pH_i , pH_u , LUMINOSIDADE (L^*) E EXSUDAÇÃO DE CARNES CONSIDERADAS DO TIPO PSE.	31
TABELA 4.1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE pH INICIAL NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	39
TABELA 4.2 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS VALORES DE pH INICIAL NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	40
TABELA 4.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DE pH FINAL NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	41
TABELA 4.4 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS VALORES DE pH FINAL NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	41
TABELA 4.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	42
TABELA 4.6 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS PERCENTAGENS DE EXSUDAÇÃO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	43
TABELA 4.7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS VALORES DA LUMINOSIDADE (L^*) E DAS COORDENADAS CROMÁTICAS A^* E B^*	46
TABELA 4.8 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS VALORES DE LUMINOSIDADE (L^*).....	46
TABELA 4.9 - TABELA RESUMO COM OS FATORES SIGNIFICATIVOS DAS VARIÁVEIS DA QUALIDADE FINAL DA CARNE.....	47
TABELA 4.10 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DO pH FINAL EM CADA EXPLORAÇÃO.....	47
TABELA 4.11 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DA PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO EM CADA EXPLORAÇÃO.	48
TABELA 4.12 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DA LUMINOSIDADE (L^*) EM CADA EXPLORAÇÃO.	49
TABELA 4.13 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES GÊNEROS DOS ANIMAIS EM RELAÇÃO AO pH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	55

TABELA 4.14 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES GÊNEROS DOS ANIMAIS EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	56
TABELA 4.15 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES GÊNEROS DOS ANIMAIS EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*).	56
TABELA 4.16 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES PESOS LÍQUIDOS DAS CARCAÇAS EM RELAÇÃO AO PH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	60
TABELA 4.17 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES PESOS LÍQUIDOS DAS CARCAÇAS EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	61
TABELA 4.18 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES PESOS LÍQUIDOS DAS CARCAÇAS EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*).	62
TABELA 4.19 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS DIFERENTES DENSIDADES ANIMAIS NO TRANSPORTE EM RELAÇÃO AO PH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	64
TABELA 4.20 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS DIFERENTES DENSIDADES ANIMAIS NO TRANSPORTE EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	65
TABELA 4.21 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DAS DIFERENTES DENSIDADES ANIMAIS NO TRANSPORTE EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*), MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	66
TABELA 4.22 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE ESPERA PRÉ-ABATE EM RELAÇÃO AO PH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	68
TABELA 4.23 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE ESPERA PRÉ-ABATE EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	69
TABELA 4.24 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE ESPERA PRÉ-ABATE EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*).	69
TABELA 4.25 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE JEJUM (H) EM RELAÇÃO AO PH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	72
TABELA 4.26 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE JEJUM (H) EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	73
TABELA 4.27 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DOS DIFERENTES TEMPOS DE JEJUM (H) EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*).	74
TABELA 4.28 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DA DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA EM RELAÇÃO AO PH FINAL MEDIDO NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	76
TABELA 4.29 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DA DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA EM RELAÇÃO À PERCENTAGEM DE EXSUDAÇÃO MEDIDA NO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i>	77
TABELA 4.30 - FREQUÊNCIA ABSOLUTA E RELATIVA DA DENSIDADE ANIMAL NA ABEGOARIA EM RELAÇÃO À LUMINOSIDADE (L*).	78
TABELA 4.31 - TABELA RESUMO COM OS FATORES SIGNIFICATIVOS NA QUALIDADE FINAL DA CARNE.....	80

Glossário

C

CRA - Capacidade de retenção de água

D

DFD - *Dark, Firm, Dry* (Carne Escura, Firme, Seca)

DMRI - *Danish Meat Research Institute*

I

INE - Instituto Nacional de Estatística

L

Ld - Músculo *Longissimus Dorsi*

N

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

P

PCA - *Principal Component Analysis* (Análise de Componentes Principais)

pH₄₅ - pH inicial, medido 45 minutos após o abate do animal

pH_u - pH final, medido 24 horas após o abate do animal

PLS - *Partial Least Squares regression* (Regressão por Mínimos Quadrados Parciais)

PSE - *Palid, Soft, Exsudative* (Carne Pálida, Mole, Exsudativa)

PSS - *Porcine Stress Syndrome* (Síndrome do Stress Porcino)

S

Sm - Músculo *Semimembranosus*

U

UE - União Europeia

INTRODUÇÃO

Em Portugal, a produção total de carne tem vindo a aumentar de ano para ano, com exceção dos anos de 2009, 2012 e 2013 [1-5]. Em 2009, os efeitos da grave crise financeira global, refletiram-se na instabilidade do mercado, retratada numa quebra evidente do consumo e poder de compra [1]. Em relação aos anos de 2012 e 2013, o decréscimo na produção de carne a nível nacional deveu-se à carência de pastagens, devido à seca, em conjunto com um elevado preço das matérias-primas para a alimentação animal [2][3]. Além disso, no caso da produção de carne suína, a diminuição deveu-se à implementação de normas relacionadas com o bem-estar animal que entraram em vigor em janeiro de 2013 [2][3]. A partir de 2013, a produção total de carne em Portugal apresentou uma tendência crescente, tendo sido atingidos, em 2019 e 2020, valores históricos a rondar as 902 mil toneladas de carne produzida no país [1-5] (Figura 1.1).

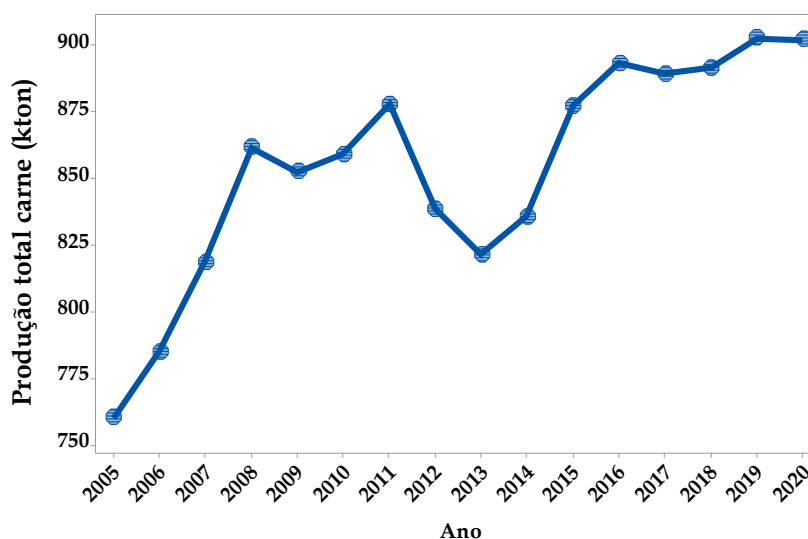


Figura 1.1 - Evolução da produção total de carne (kton), em Portugal. Fonte: INE [1-5].

Em relação ao caso específico da produção de carne de origem suína no território nacional, esta apresenta crescimento anual com a exceção dos valores de 2009, 2012, 2013, 2017 e 2020 [1-5] (Figura 1.2).

Como referido anteriormente, o ano de 2009 foi marcado por um período de crise financeira, que acabou por ter como consequência a perda do poder de compra por parte dos consumidores e uma instabilidade em vários mercados internacionais [1].

A quebra de produção no ano de 2012, deveu-se ao envio de animais para abate em Espanha, o que levou a um aumento nos preços, dado que se registou uma oferta inferior à procura. Além disso, nesse ano, verificou-se uma redução do número de porcas reprodutoras nacionais, o que levou a uma menor oferta de animais para abate [2].

Em relação ao ano de 2013, como mencionado anteriormente, a quebra de produção de suínos deveu-se à entrada em vigor das normas do bem-estar animal por parte da União Europeia [3].

No ano de 2017, devido à crise do setor ocorrida nos 2 anos anteriores que levou à necessidade de abate de porcas reprodutoras, os produtores não tiveram capacidade financeira para substituir os animais tendo-se registado diminuições nas categorias dos leitões, porcos de engorda e reprodutores [4].

Finalmente, no ano de 2020, este setor sofreu os efeitos da pandemia COVID-19, com o fecho da restauração, nomeadamente no mercado dos leitões, e com a suspensão das atividades de inúmeros matadouros [5].

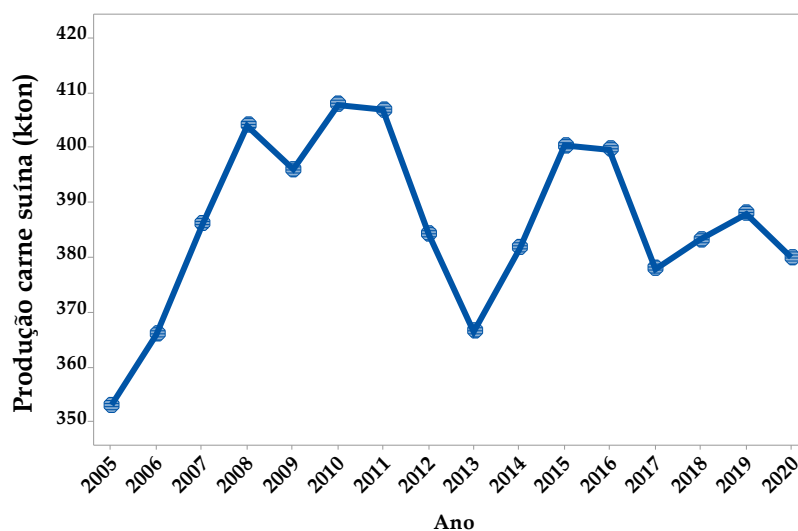


Figura 1.2 - Evolução da produção de carne suína (kton), em Portugal. Fonte: INE [1-5].

De todos os tipos de carne consumidos em Portugal, a carne de suíno e a proveniente de animais de capoeira representam, anualmente, mais de 80% do consumo nacional (**Figura 1.3**). No nosso país, em 2020, foram consumidos por habitante cerca de 41,4 kg de carne de suíno e 44,3 kg de carne de animais de capoeira [5]. Estes valores refletem uma mudança de paradigma, dado que até este ano a carne de porco era a preferida pelos portugueses, desde que há registos.

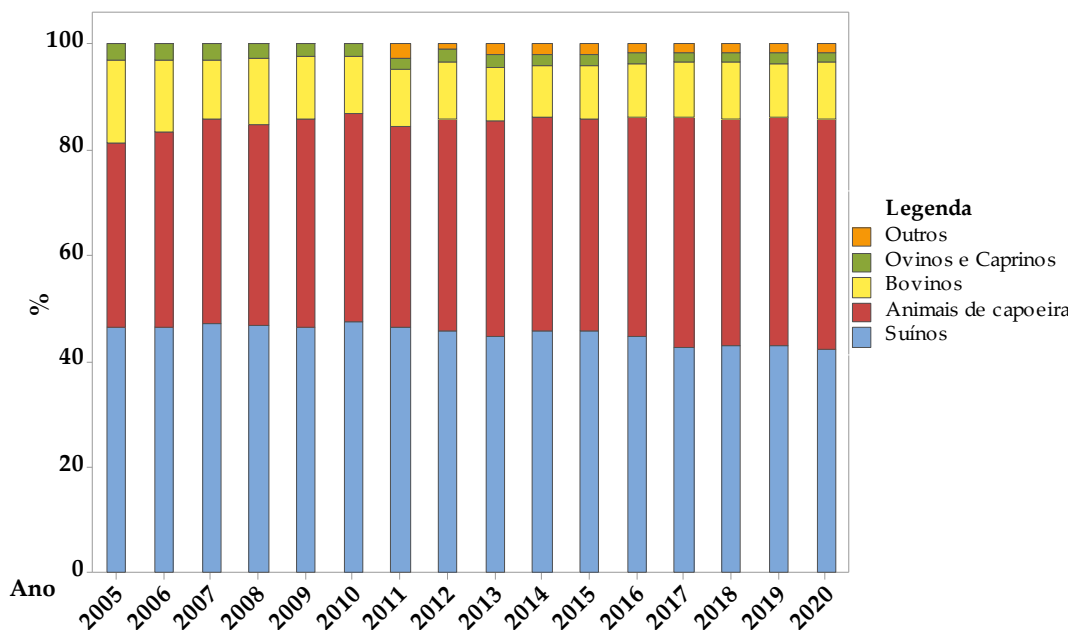


Figura 1.3 - Distribuição dos tipos de carne produzidos em Portugal. Fonte: INE [1-5].

As raças de suínos mais produzidas em Portugal são a raça de origem belga *Pietran*, a raça britânica *Large White*, a raça dinamarquesa *Landrace* e raças provenientes do cruzamento destas raças. Na generalidade dos casos, o cruzamento dos suínos é feito com uma linha pai de raça *Pietran*, dado que esta raça é conhecida por apresentar carcaças de maior conformação, mas, por essa razão, também mais propícia a carnes PSE. Os suínos da linha mãe costumam ser das raças *Landrace* ou *Large White*.

Além destas, são ainda produzidas raças autóctones portuguesas como o porco alentejano, produzido na região sul de Portugal, o porco Bísaro, produzido predominantemente na região norte do país e, finalmente, o porco Malhado de Alcobaça, que se apresenta como a terceira raça autóctone portuguesa. Esta raça encontra-se em vias de extinção e é produzida na região de Leiria e Santarém [6].

No que diz respeito à distribuição regional da produção de carne de porco no território nacional, as regiões com maior expressão são a região do Alentejo e a região centro do país. Estas duas regiões, representam mais de 80% da produção suína nacional. A região da Área Metropolitana de Lisboa apresenta alguma expressão (cerca de 10%), sendo as restantes regiões pouco significativas (Figura 1.4).

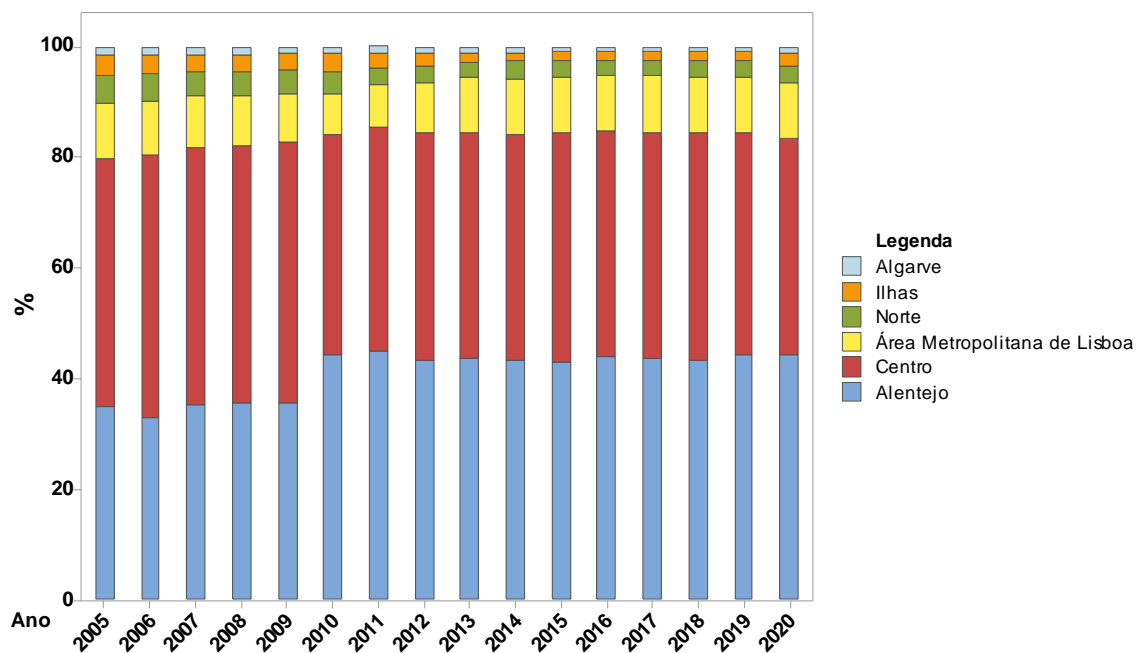


Figura 1.4 - Distribuição da produção de carne suína por região de Portugal (NUTS II). Fonte: INE [1-5].

Desde o nascimento do porco até que a sua carne esteja pronta a ser consumida, este está sujeito a inúmeros fatores que podem influenciar a sua qualidade final. Estes fatores podem ser provenientes de causas naturais, podem estar relacionados com o transporte da exploração até ao matadouro, com o manuseamento na exploração e/ou no matadouro ou até com processos *post-mortem*.

Os fatores classificados como naturais podem estar relacionados com a raça do animal, com o seu género ou ainda, do ponto de vista genético, se possuem o gene do Halotano, responsável pela Síndrome do Stress Porcino (PSS). Este transtorno neuromuscular é responsável pela rápida instalação do *rigor mortis* nos animais e por suínos com carcaças mais magras, piores capacidades de retenção de água e carnes de cor extremamente clara.

Os fatores relacionados com o transporte dos animais da exploração até ao matadouro, incluem as condições ambientais em que é feito o transporte, a sua duração, se existe mistura de animais de explorações distintas, como é feita a carga e descarga dos porcos, o tempo em que é iniciado o jejum do animal, a densidade animal com que estes são transportados e a forma como é conduzido o próprio veículo de transporte.

Em relação ao tempo a que o animal está em jejum, o Decreto Lei Nº28/96,(1996) [7], indica que os animais que não tenham sido abatidos nas 12 horas seguintes à sua chegada, deverão ser alimentados. Além disto, os animais não deverão estar mais de 24 horas sem comer, tendo sempre que ter água à sua disposição. Para a densidade animal no veículo de transporte, no REGULAMENTO (CE) N.º 1/2005, (2004) [8], vem presente a obrigatoriedade de os animais terem espaço para se poderem deitar e colocar de pé, tendo sido estabelecida uma densidade mínima de $0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}_{\text{animal}}$. O mesmo regulamento, exige a conclusão com êxito de uma formação como prova de habilitação para o transporte de gado.

Também durante a vida dos animais no matadouro, alguns fatores a que este poderá estar sujeito têm influência na qualidade da sua carne. Exemplo disso é a densidade animal

na abegoaria, o tempo de espera pré-abate, a forma como os suínos são atordoados, o tempo que demora desde que estes são atordoados até que se inicia o processo da sangria e, por fim, as condições em que as carcaças são refrigeradas.

A fase de atordoamento e abate dos animais, encontra-se devidamente regulada. Qualquer processo que se destine a limitar os movimentos dos animais, deverão ter como único objetivo facilitar o atordoamento e occisão [9].

No caso do atordoamento por CO₂, segundo o Decreto Lei Nº28/96, (1996) [7], a concentração do gás não deve exceder os 70%. O mesmo documento refere que os animais deverão poder manter-se de pé até à perda dos sentidos e a camara deverá estar iluminada de forma a que os suínos possam ver o que os rodeia.

No caso da eletronarcose, o objetivo é de que o animal tenha uma inconsciência instantânea, devendo por isso ser aplicada uma corrente de 50Hz com uma amperagem mínima de 1,3A durante 1-3 segundos [7].

Finalmente, em relação à forma como as carcaças são armazenadas, o Regulamento (CE) Nº 853/2004 [10], refere que, após inspeção e evisceração, os animais devem ser limpos e refrigerados até atingirem uma temperatura inferior a 4°C, o mais rápido possível.

Segundo Kiefer et al., (2009) [11], os suínos têm características comportamentais específicas, sendo por isso capazes de alterar o seu comportamento de forma a adaptarem-se ao ambiente em que estão inseridos. Porém, estas necessidades levam os animais a adotar atitudes, como a redução do número de visitas ao comedouro ou o desenvolvimento de comportamentos agressivos para com outros animais, que potenciam o seu stress e perda de qualidade final da carne.

Segundo Silva (2014) [12], a maioria dos órgãos, incluindo os músculos, operam numa gama de eficiência muito restrita de condições fisiológicas como pH, temperatura, concentração de O₂ e produção de energia. Este balanço é o que permite a operação do organismo e a sua sobrevivência em condições externas mais adversas. Após o abate iniciam-se processos que têm como objetivo a manutenção do metabolismo. Na sangria, cerca de 50% do sangue é removido, o que faz com que seja interrompido o fornecimento de O₂. Logo após este processo de sangramento, a temperatura corporal do animal aumenta ligeiramente devido ao metabolismo. Nesta fase, tanto o seu nível como a quantidade de energia produzida irão influenciar a extensão e duração do aumento de temperatura verificado *post-mortem*.

Durante a transformação do músculo em carne, ocorre acumulação de ácido láctico nos tecidos que provoca uma diminuição do pH da carne. A queda rápida do pH para valores finais, enquanto a temperatura corporal ainda é elevada, resulta na desnaturação de muitas proteínas, inclusive as que permitem a retenção de água na carne [13].

Todo o tipo de carne fresca está sujeita a defeitos ao nível da qualidade [14]. Por estas razões, surgem carnes como as PSE (*Palid, Soft and Exudative*) e as carnes DFD (*Dark, Firm and Dry*), de qualidade mais baixa e de menor interesse ao consumidor. As carnes PSE, são caracterizadas por apresentarem cor pálida, estrutura mole e por ser extremamente exsudativas, isto é, com perdas de água muito elevadas. Por outro lado, as carnes DFD são carnes escuras, rijas e excessivamente secas.

Com isto em vista, o objetivo deste estudo é o de compreender e atuar na forma como diversos fatores a que os suínos estão sujeitos ao longo de toda a sua vida, desencadeiam respostas nomeadamente ao nível do stress, pH, exsudação e cor da carne que afetam a apresentação da carne em cuvette nas prateleiras dos supermercados. A menor atratividade destas carnes acaba por se refletir num menor interesse dos consumidores, o que se reflete em perdas económicas das empresas relacionadas com este ramo da indústria alimentar.

Deste modo, com os resultados obtidos é expectável que se possam tirar conclusões a fim de formar uma estratégia para a mitigação do aparecimento deste tipo de carnes de menor qualidade.

2.1 O Porco

O porco é constituído por cinco partes principais: a cabeça, a pá, ovão, a entremeada e a perna (Figura 2.1).

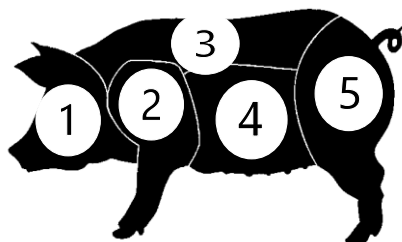


Figura 2.1 - As cinco principais partes do porco: 1 - Cabeça, 2 - Pá, 3 - Vão, 4 - Entremeada, 5 - Perna. Adaptado de Carmonti (2021) [25].

De entre estas partes, os músculos do lombo (*longissimus dorsi*), localizado novão, e o da perna (*semimembranosus*) são os prediletos para a medição de valores de pH e temperatura, por serem facilmente acessíveis em carcaças intactas [15].

Os componentes principais do tecido muscular são água, proteínas e lípidos. O tecido muscular de um suíno após o *rigor mortis*, de forma geral, consiste em média em 75% de água, 22% de proteína e quantidades variáveis de lípidos e carboidratos. As proteínas musculares podem ser classificadas em 3 grandes grupos: miofibrilares, sarcoplasmáticas e stroma. As proteínas miofibrilares constituem a fração mais representativa com 60%. As proteínas sarcoplasmáticas representam cerca de 30%, sendo esta fração constituída por mioglobina, um pigmento muscular que confere à carne uma cor mais avermelhada quando em contacto com oxigénio, e diversas enzimas envolvidas no metabolismo energético. Finalmente, as proteínas stroma representam 10%, sendo os seus componentes principais, o colagénio e a elastina, constituintes do tecido conectivo [16].

Músculos com maiores concentrações de fibras vermelhas são mais suscetíveis a stress prolongado e à produção de carnes do tipo DFD (*Dry, Firm, Dark*). Por outro lado, músculos com concentrações mais elevadas de fibras brancas têm uma maior tendência de sofrer stress de curto prazo e originar carnes PSE [14] (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Critérios e respetiva classificação das fibras musculares dos suínos. Adaptado de Zhang et al. (2017) [14].

Classificação das fibras por cor	Critério
Vermelhas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reações de capacidade aeróbia oxidativa ○ Atividade da enzima succinato desidrogenase é a referência
Intermédias	
Branças	
Classificação das fibras por tipo	Critério
Vermelhas - Tipo I	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sensibilidade da atividade da ATPase miofibrilar (mATPase) após exposição a pH alto ou baixo
Branças - Tipo II A	
Branças - Tipo II B/C	
Branças - Tipo II X/D	

As fibras do tipo I estão agrupadas no centro do músculo e encontram-se rodeadas por fibras do tipo II A e II B [17]. As fibras do tipo I são conhecidas por fibras *slow-twitch*, dado que os músculos por elas constituídas estarem constantemente a serem utilizados para atividades como caminhar ou para os animais se levantarem. As fibras do tipo II são também chamadas de *fast-twitch*, pois encontram-se em músculos usados para situações em que é necessária uma resposta rápida, como situações de perigo iminente.

A parte muscular mais profunda, possui uma maior proporção de fibras do tipo I e uma mais elevada capacidade oxidativa comparativamente com a área exterior do músculo. Músculos como o *ld* e *sm*, contêm uma alta concentração de fibras do tipo II B, enquanto músculos como o trapézio apresentam maior concentração de fibras do tipo I e II A. De uma forma geral, nos suínos, o músculo *ld* é constituído, ao nível das fibras, por aproximadamente: 10% tipo I, 10% tipo II A, 25% II X e 55% II B [14].

Se ocorrer uma alta frequência do esgotamento de glicogénio em fibras, especialmente do tipo II B, durante o abate, a qualidade final da carne irá ser afetada [16].

2.2 Fatores que influenciam a qualidade da carne de suíno

2.2.1 Fatores genéticos

Alguns suínos apresentam, logo à partida, uma maior sensibilidade ao stress derivado de fatores naturais como o género, a raça, a síndrome do stress porcino (PSS) ou o peso da carcaça na altura do abate.

Em relação ao género dos suínos, Teixeira e Rodrigues (2013) [18], demonstram que não foram encontradas diferenças significativas em variáveis como a capacidade de retenção de água e textura da carne. Todavia, Martin e Fredeen (1974), citados por Raimundo (2014) [19], referem que o sexo do animal pode afetar o metabolismo muscular *post-mortem* e a diferença entre o género pode originar respostas diferenciadas ao stress.

Verificou-se que nos animais estudados, os machos castrados apresentavam pobres taxas de conversão dos alimentos e por essa razão estes cresciam de forma mais célere quando

comparados com as fêmeas. Este aspeto, levou a que os machos castrados apresentassem valores mais elevados de gordura intramuscular e uma cor mais intensa da carne em relação à carne das fêmeas [20].

Por outro lado, nos machos não castrados, a concentração em pigmentos totais, isto é, hemoglobina e mioglobina, é superior à existente nos suínos castrados e por isso a sua cor é mais escura [19]. Segundo Nold et al., (1999) [21], em ambos os ensaios, as fêmeas e os machos não castrados apresentavam menor gordura intramuscular. No seu ensaio com animais de 110 kg, os machos não castrados apresentaram valores de gordura intramuscular inferiores ao das fêmeas.

No que diz respeito à raça do animal, em função da taxa de glicólise anaeróbica em desenvolvimento, a raça e a espécie animal têm uma influência extraordinária na evolução temporal do pH muscular *post-mortem*. Esta taxa é muito mais rápida nos animais que apresentam, na sua composição, fibras predominantemente brancas, e mais lenta nos animais com fibras, maioritariamente, vermelhas oxidativas. Este aspeto é o que confere às diferentes espécies, uma rápida ou lenta instalação do *rigor mortis* [22].

No caso concreto dos suínos, segundo Mercat & Mormède (2002), citados por Raimundo (2014) [19], a raça pode influenciar a resposta ao stress, tanto na componente comportamental como fisiológica. O mesmo autor refere, à semelhança do acima mencionado, que a raça influencia os tipos de fibras musculares. Além disso, no mesmo documento, são citados trabalhos de diversos autores onde surgem exemplos concretos da influência da raça na qualidade final da carne. Porcos de raças como *Pietran* e *Landrace* Belga apresentam um forte desenvolvimento muscular e por isso carnes de menor qualidade quando comparado com as raças *Large White*, *Landrace* Francês e *Duroc*.

É importante referir que segundo Wenk et al., (2000) [23], algumas características das diferentes raças de porcos que implicam carnes de pior qualidade, podem ser totalmente explicadas pela presença de um único gene que tenha um forte impacto. O autor refere ainda que um exemplo disto é a raça *Hampshire*, da qual se descobriu que a sua qualidade mais pobre da carne está relacionada com o gene do Halotano, responsável pela síndrome do stress porcino (PSS).

A PSS é um transtorno neuromuscular que afeta a regulação de cálcio no músculo dos suínos e resulta, na grande maioria dos casos, em carnes PSE ou até na morte do animal. Segundo Louis, citado por Ludtke et al., (2006) [24], as anomalias nos canais de cálcio provocam a sua acumulação no citosol, líquido que preenche o interior do citoplasma, levando ao aumento de contrações musculares, hipertermia, taquicardia e acidose metabólica e respiratória. Tarrant et al., (1989)[25], corrobora esta informação, referindo que os animais afetados com PSS são mais sensíveis a alterações no seu sistema cardiovascular, provocadas por fatores razoavelmente comuns e que em animais saudáveis não teriam tanto efeito. Além disto, o autor realça que este aspeto leva a que o *rigor mortis* se instale de forma mais rápida, contribuindo para o aparecimento de carnes com características PSE.

Nos dias de hoje, com os avanços na área da genética molecular, sabe-se que a PSS é controlada por um gene recessivo denominado gene do Recetor de Rianodina ou gene do

Halotano. Este gene encontra-se localizado no cromossoma 6 do genoma dos suínos e a alteração de um nucleótido (C-Citosina por uma T-Timina) na posição 1843 do gene RyR1, altera a sequência de aminoácidos (arginina por uma cistina) na posição 615 do RyR1 [26].

A alteração provocada pelo gene do Halotano dá origem a três genótipos:

- NN – Normal;
- Nn – Portador;
- nn – Sensível ou Positivo.

Os animais homozigóticos recessivos (nn) são os mais sensíveis ao stress e por isso os que apresentam a maior incidência de carnes PSE. O genótipo do animal é herdado de forma autossômica recessiva, isto é, observa-se tanto em machos como em fêmeas e a doença apenas se manifesta na presença de dois alelos recessivos. Não são conhecidas grandes diferenças entre a qualidade da carne produzida por suínos com o genótipo NN e Nn, contudo, tem de ser tido em conta que os animais heterozigóticos podem passar o alelo sensível (n) à sua descendência [26].

Os animais positivos apresentam piores características reprodutivas como ninhadas mais pequenas, mas, por outro lado, possuem um notável desenvolvimento muscular e por isso melhores rendimentos e conformação da carcaça [26]. Segundo Raimundo (2014) [19], citando Wood (1989) e Oliver et al.,(1993), estes suínos apresentam uma vantagens ao nível da composição corporal: menor espessura de toucinho, carcaças mais magras, uma maior área muscular ao nível do músculo *Longissimus Dorsi (Ld)* e um melhor rácio entre carne magra e osso. O mesmo autor refere ainda, citando Essén-Gustavsson et al., (1992), que a resposta metabólica no genótipo homozigótico recessivo está relacionada não só com situações de stress pré-abate, mas também com o facto destes animais terem fibras com maiores diâmetros e uma menor capilarização dos músculos.

Quando comparados com suínos não portadores da PSS, os animais homozigóticos recessivos apresentam grandes diferenças nos valores do pH final, cor e capacidade de retenção de água que acaba por se refletir na incidência de carnes PSE. Pelo facto de estes animais apresentarem características de carnes magras e tendo em conta que o consumidor tem uma preferência por esse tipo de carne, verificou-se ao longo dos anos uma grande disseminação do alelo sensível (n) [26].

Em relação ao peso da carcaça na altura do abate, de acordo com Magowan et al., (2011) [27], este obteve um efeito diminuto na qualidade da carne. Ainda assim, a perda de água por exsudação teve uma correlação positiva com o peso da carcaça, o que poderá estar relacionado com o facto de a gordura das costas dos porcos mais pesados ser superior aos animais considerados de peso leve e médio. Esta maior quantidade de gordura origina uma velocidade menor de arrefecimento da carcaça que se traduz numa carne mais tenra, mas com uma pobre capacidade de retenção de água. Corroborando esta ideia, no estudo de Lukic et al., (2012) [28], os animais mais leves (130-140kg) foram os que apresentaram maiores valores de pH_u e também os menores valores de perda de água por exsudação. Além disso, a diferença entre

os grupos mais leves (130-140kg) e mais pesados (150kg), nos valores de pHu, foi muito próxima de ser significativa. Contrariamente a isto, Piao et al., (2004) [29], chegaram à conclusão de que a capacidade de retenção de água aumentou com o aumento do peso vivo da carcaça de 100 para 130kg. Os autores acrescentam ainda que o peso da carcaça no abate não teve qualquer influência na luminosidade da sua carne.

Bahelka et al., (2007) [30], não encontraram quaisquer evidências de que o peso da carcaça no abate tivesse impacto na quantidade de gordura intramuscular dos suínos.

2.2.2 Transporte da exploração ao matadouro

Os fatores relacionados com o clima devem ser tidos em conta dado que podem ser impulsionadores do stress animal.

Os suínos são animais homeotérmicos, ou seja, mantêm a sua temperatura corporal estabilizada através do equilíbrio entre a perda e a produção de calor. Por esta razão, estes animais apresentam melhor desempenho e, por sua vez, melhor qualidade na sua carne se estiverem na sua zona de conforto térmico [12].

Segundo Bridi (2010) [31], os suínos apresentam um aparelho termorregulador pouco desenvolvido. São animais sensíveis ao frio quando pequenos e ao calor quando adultos, muito devido ao seu metabolismo acelerado [22][23] (**Figura 2.2**). De forma a sobreviverem em ambientes cujas temperaturas se encontram acima do seu conforto térmico, os animais sentem a necessidade de aumentar as suas perdas de calor. Por essa razão, ocorre uma vasodilatação periférica que provoca um aumento das transferências de calor para a pele, que por sua vez, leva a um crescimento das perdas por condução e convecção.

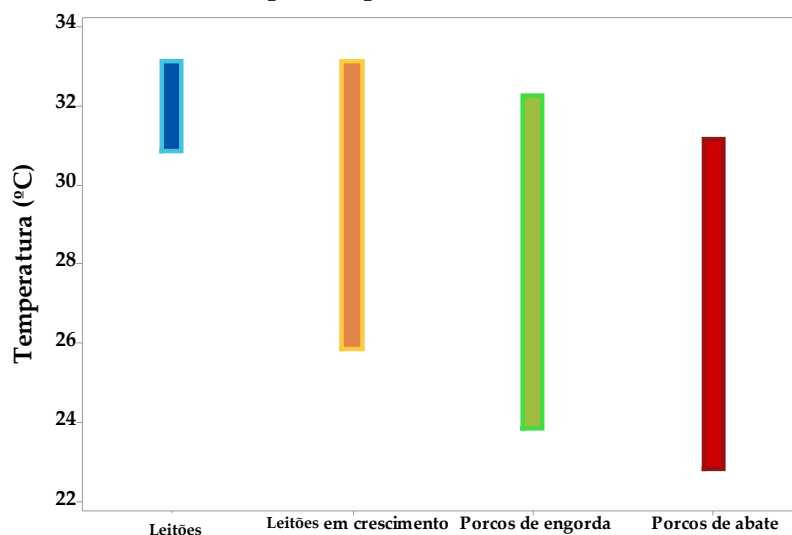


Figura 2.2 - Zona de conforto térmico de suínos com diferentes tamanhos. Adaptado de Lambooij (2007) [32].

Nos casos em que os valores da temperatura ambiente são mais críticos para o suíno, as trocas de calor sensível são reduzidas e prevalecem as trocas de calor latente por via da evaporação através da respiração. Este mecanismo chega a ser responsável por 60% da perda de calor, podendo aumentar até 100% a taxa respiratória do suíno. As condições climatéricas, nomeadamente aquando do transporte dos animais, têm uma grande influência na qualidade

da carne. Os climas mais quentes proporcionam maior incidência de carnes PSE, enquanto um clima mais frio aumenta a incidência de carnes com características DFD [19].

Em 1970, foi desenvolvido um índice de temperatura e humidade que agrega também as categorias do *Livestock Weather Safety Index (LWSI)*, um índice de níveis de segurança climática para gado [33] (**Figura 2.3**).

		Humidade relativa (%)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Temperatura (°C)	21	64	64	64	65	65	65	66	66	66	67	67	67	68	68	68	69	69	69	70	70
	22	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71	72	72
	23	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74
	24	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76
	26	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78
	27	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79	79	80
	28	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82
	29	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83	83	84
	30	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85	86
	31	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86	87	88
	32	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90
	33	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92
	34	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
	36	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	37	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93	94	95	96	97	98
	38	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99	100
	39	79	80	81	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	98	100	101	102
	40	80	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101	103	104
	41	81	82	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103	105	106
	42	82	83	85	86	87	89	90	92	93	94	96	97	98	100	101	103	104	105	107	108
43	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97	99	100	101	103	104	106	107	109	110	

Figura 2.3 - Índice de temperatura e humidade com as categorias do Livestock Weather Safety Index (LWSI).

Os níveis e a sua respetiva descrição são os seguintes [19][33]:

- Seguro (≤ 74): estas condições são as ideais para o transporte de animais sem prejuízo para a sua saúde ou bem-estar.
- Alerta (75-78): condições stressantes para os animais, mas que podem ser toleradas durante pequenos períodos de tempo, até 2 horas, sem efeitos prejudiciais.
- Perigo (79-83): condições bastante stressantes para os suínos. O stress relacionado com o maneo deverá ser reduzido ao mínimo: movimentações de curta duração, até 30 minutos, podem ser toleradas.
- Emergência (≥ 84): quando a temperatura e a humidade estão dentro destes limites poderá ocorrer a morte dos animais.

O transporte dos animais desde a exploração até ao matadouro é uma das etapas mais críticas para o stress animal e, por isso, tem de ser dada extrema atenção aos fatores climáticos nesta fase. Segundo Lambooi (2007) [32], para se promover um equilíbrio térmico, a taxa de ventilação durante o transporte deve ser ajustada de acordo com a temperatura verificada no veículo, que é resultante do fluxo de calor proveniente do exterior e do calor produzido pelos animais. Contrariamente, dado que na grande maioria das vezes não existem dispositivos de ajuste da ventilação no veículo de transporte, Murray (2000) [34], defende que devem ser evitados transportes na altura mais quente de um dia de verão e que o que deve ser ajustado em função das condições climatéricas é a densidade animal.

Lendfers (1968), citado por Raimundo (2014) [19], demonstrou que em termos de qualidade da carne, temperaturas ambientais mais elevadas (25°C), estão associadas a uma pior qualidade da carne face a temperaturas mais baixas (15°C). No mesmo sentido do trabalho

desenvolvido por Lendfers, Warriss (1991) citado por Raimundo (2014) [19], verificou que entre dois grupos, uns abatidos a temperaturas inferiores a 18,3°C e outros abatidos a temperaturas iguais ou superiores a 18,3°C, os suínos abatidos a temperaturas mais altas apresentaram resultados de carnes com características PSE. Entre os dois grupos em estudo, existiam diferenças significativas no músculo *ld*. O grupo abatido a uma temperatura mais elevada apresentou valores de pH_u inferiores, maiores níveis de exsudação e uma cor mais pálida, características de carnes PSE. Contudo, não existiram diferenças significativas ao nível do pH₄₅.

Carnes com características PSE apresentam, de um modo geral, uma temperatura inicial ligeiramente mais elevada. Lundström et al., (1979), citado por Raimundo (2014) [19], verificaram que a temperatura no *ld*, 45 minutos *post-mortem*, foi mais elevada (38,2°C) nas carcaças que apresentaram características PSE, do que nas carnes normais (37,5°C) ou nas carnes DFD (36,9°C).

O jejum dá início antes do transporte e dura até ao abate. Durante esse período, os animais permanecem sem acesso a alimentos sólidos, mas devem ter acesso livre a água potável [35].

As duas razões para se fazer o jejum nos suínos têm a ver com o bem-estar animal e com o processo de evisceração. Por um lado, caso os animais fossem alimentados perto da altura de serem transportados, significaria que chegavam ao veículo com a barriga cheia. Como os suínos são animais que tendem a enjoar e a ficar com uma respiração mais ofegante nas viagens, a probabilidade de estes vomitarem e engasgarem-se no próprio vômito seria grande, podendo levar à sua morte. As mortes em trânsito, são mais comuns em porcos recém alimentados, suscetíveis ao stress e principalmente em ambientes quentes [25]. A outra razão para se efetuar o jejum prende-se com o facto de ser mais higiénico no processo de evisceração.

De acordo com o Capítulo V, do REGULAMENTO (CE) N.º 1/2005 [8], os suínos poderão ser transportados durante um máximo de 24 horas, tendo sempre água à sua disposição.

Além disso, segundo a alínea 9, do ponto II, referente ao Anexo B do Decreto Lei Nº28/96 [7], os animais que, à chegada, não sejam conduzidos diretamente para o local de abate devem poder dispor em qualquer momento de água potável distribuída através de dispositivos adequados. Os animais que não tenham sido abatidos nas doze horas seguintes à sua chegada, devem ser alimentados e, subseqüentemente, receber alimentos em quantidades moderadas e em intervalos adequados.

Um controlo inadequado do jejum aumenta o risco de hipertermia nos suínos submetidos ao manuseamento intenso. Um jejum mínimo de 12 horas antes do carregamento restringe o risco de mortalidade durante o transporte. Um jejum muito prolongado, superior a 24 horas, além de ilegal, proporciona uma perda na carcaça de cerca de 100g/hora. Por este motivo, é importante disponibilizar aos animais um sistema de bebedouros de forma a que se possam reidratar depois da descarga no matadouro [36].

Em diversos países, como a Dinamarca, um jejum pré-abate de 12 a 15 horas é eficaz na redução do risco de contaminação durante o abate. O jejum tem sido investigado como forma de reduzir os níveis de armazenamento de glicogénio nos músculos do suíno, a fim de aumentar o valor de pH_u, capacidade de retenção de água e cor da carne [37].

De acordo com o apresentado por Tarrant (1989) [25], alimentar os animais até 10 horas antes do abate não traz ganhos no peso da carcaça mas sim desperdício e um incremento no risco de *Salmonella* durante o processo de evisceração. Por outro lado, períodos de jejum superiores a 18 horas levam a perdas de rendimento da carcaça.

Para Eikelenboom et al., (1989) [38], a cessação de alimento prévia ao carregamento dos porcos no veículo de transporte, mostrou uma redução de carnes pálidas e exsudativas e um aumento do valor final do pH. Ainda que tenham ocorrido alguns casos de carnes DFD, o balanço final foi considerado positivo e por isso, os autores aconselham um período de jejum a começar cerca de 16 a 24 horas antes do transporte.

Segundo Faucitano (2000) [39], uma provável desvantagem da restrição alimentar antes do abate é o aumento da agressividade, principalmente quando ocorre a mistura de grupos sociais. Adicionalmente, os suínos alimentados descansam entre lutas enquanto os animais em jejum tendem a lutar durante mais tempo.

A mistura de suínos de diferentes raças, género e explorações pode constituir um fator que leve à perda de valor da carne. Segundo Tarrant et al., (1989) [25], numa grande parte dos casos é inevitável que se coloquem no veículo de transporte animais de diferentes raças, género ou explorações. Este problema, segundo o autor, é ainda maior na presença de machos, que desenvolvem comportamentos extremamente agressivos resultando em cortes e hematomas. É ainda referido, que se não puder ser evitada a mistura de grupos sociais, o dano causado pelas lutas será reduzido se os suínos forem agregados no momento do carregamento, dado que a frequência de lutas num veículo em movimento é normalmente menor.

Os porcos, ditos domésticos, em contraste com os porcos selvagens são normalmente colocados em grupos da mesma idade, sexo e tamanho. Este aspeto pode ser mais stressante para os suínos dado que os seus "rivais" são fisicamente semelhantes entre si. Os porcos apresentam maior tendência para lutar nas primeiras 24 a 48 horas após a integração no novo grupo, de forma a estabelecer um domínio hierárquico linear. Assim que a hierarquia fica estabelecida, as lutas diminuem de forma drástica, mas nunca são nulas [40].

Em alguma fase da sua vida, os animais vão estar sujeitos a uma situação de transporte. Os cuidados a ter tanto na carga como na descarga dos suínos são semelhantes [19].

Os suínos têm uma tendência de, sempre que possível, estar em contacto com outro suíno ou pelo menos de poder olhar para um elemento familiar do seu parque de origem. Isto causa o problema de os animais ficarem presos e bloquearem a passagem uns dos outros e impedir assim o normal fluxo de suínos [41]. Por esta razão, deve ser permitida a passagem de cerca de quatro animais em simultâneo e os corredores deverão ser compactos, devendo ser evitado o uso de redes ou similares [25].

Estima-se que até 15% de todos os porcos para abate sofram danos relacionados com o transporte, a um nível que se reflete em carnes de qualidade definitivamente anormais [41]. Porém, nada indica que o sofrimento desses animais devido ao stress excessivo influencie de forma significativa o bem-estar dos outros porcos transportados [41].

Segundo Van Putten (1982), citado por Tarrant et al., (1989) [25], duas das operações mais stressantes para os animais são o seu encaminhamento da exploração até ao veículo de

transporte e a sua subida para o mesmo. O carregamento dos animais deverá ser curto, explicitando que para um carregamento de 100 suínos o tempo despendido deverá ser inferior a 30 minutos [36].

Apesar de o transporte dos animais, em si, ser apontado como razão para a perda de qualidade da carne, esse fator é só um dos aspetos ligados ao stress suíno. Quando se observa o carregamento dos animais para o veículo denota-se facilmente que alguns deles já se encontram num estado de stress evidente [41].

Corroborando isto, Faucitano (2000) [39], considera que o embarque de suínos num camião é o estágio mais crítico do transporte, devido à forte interação entre o ser humano e o animal e ao facto de os animais passarem a estar inseridos num ambiente desconhecido. O mesmo autor diz que a intensa atividade física induzida aos porcos, faz com que estes fiquem mais nervosos e por isso, ocorre uma subida dos seus níveis de stress. Kilgour & Dalton (2019) [40], referem que os porcos a ser transportados devem ser selecionados na noite anterior e colocados num local não familiar.

Van Putten (1981) [41], defende que deve ser eliminado tudo o que possa constituir um obstáculo ao percurso feito pelos animais para o veículo. Adicionalmente, o piso dentro e fora dos parques deverá ser estável. No encaminhamento dos animais para o veículo, o uso de estímulos elétricos para acelerar o processo, deverá ser utilizado apenas em última instância, dado que são causadores de stress nos suínos. Caso o veículo não possua um elevador hidráulico, a subida dos animais deverá ser auxiliada por uma rampa com um ângulo nunca superior a 20° e idealmente com 15°. Estas rampas deverão estar equipadas com paredes laterais de forma a evitar quedas e possíveis lesões, deverão permitir a passagem de 2 ou 3 porcos e não deverão ser escorregadias, sendo sugerido que estas sejam compostas por borracha de forma a evitar também barulho excessivo.

Um fator que também deve ser tido em conta é a densidade animal no veículo no qual os suínos são transportados. Segundo o Anexo I do Artigo 37º, *REGULAMENTO (CE) N.º 1/2005* [8], todos os porcos devem, no mínimo, poder deitar-se ao mesmo tempo e ficar de pé na sua posição natural. A fim de preencher essas exigências mínimas, a densidade de carregamento dos porcos de cerca de 100kg não deverá ultrapassar os 235 kg/m² (0,42 m²/100 kg_{animal}). Além disso, a raça, o tamanho e o estado físico dos porcos podem tornar necessário o aumento da área de chão mínima acima requerida, podendo esta ter de ser aumentada até 20% em função das condições meteorológicas e da duração da viagem.

As decisões acerca da densidade animal no veículo são normalmente tomadas pelo transportador, sendo estas influenciadas principalmente pela economia [25]. Faucitano (2000) [39] corrobora esta afirmação, referindo que existe uma clara pressão económica para aumentar a densidade com a finalidade de obter o lucro máximo de uma única viagem.

A falta de espaço leva ao aumento de stress devido ao calor, à fadiga, menor qualidade da carne e maior taxa de mortalidade. Por outro lado, demasiado espaço é do ponto de vista económico pouco viável e faz com que os animais sejam atirados contra as paredes do veículo caso haja uma travagem ou curva repentina. Tendo em conta que os suínos apresentam uma tendência para se deitarem durante o transporte, é preferível ter um veículo com baixa densidade animal do que com excesso de animais por unidade de área de transporte [25].

Transportes onde a densidade animal é de tal forma elevada, que os suínos não conseguem ter o seu espaço próprio para se manterem em pé ou deitar-se, originam mais lutas e consequentemente mais danos na pele e uma maior incidência de prolapso retal que pode ser mortal [25].

Segundo Barton Gade & Christensen (1998) [42], para valores entre 0,35 m² e 0,50 m² por suíno de 100 kg, a densidade animal no transporte teve pouca influência no perfil sanguíneo e na qualidade da carne. Os níveis de creatina fosfoquinase foram os mais baixos quando a densidade era de 0,5 m² e a incidência de danos graves na pele foi mais baixa para uma densidade de 0,35 m² e mais alta para 0,42 m². Todavia, a densidade animal teve um efeito direto no comportamento dos suínos durante o transporte. Dar mais espaço aos animais, no transporte de curta duração, não fez com que estes se deitassem, mas originou uma perturbação contínua de outros porcos. Suínos transportados com densidades de 0,42 m² e 0,5 m² apresentaram grandes dificuldades em manter o balanço nas curvas e em estradas de pavimento mais irregular. Estas variações comportamentais durante o transporte podem explicar as diferenças observadas nos danos na pele dos animais.

Corroborando esta informação, Barton Gade (2000) [43], refere que o transporte de curta duração, seguindo as recomendações da União Europeia de 0,42 m² / 100kg_{animal}, não provocou o aumento da tendência dos suínos se deitarem quando comparado com a uma densidade de 0,36 m²/ 100 kg animal. Adicionalmente, os indicadores que demonstram um maior risco de danos nos animais transportados com uma densidade de 0,42 m² face a 0,36 m² foram muito ténues.

A hipótese de que mais espaço durante o transporte, permite que os porcos descansem promovendo o seu bem-estar, não é confirmado por este estudo e por essa razão o valor de 0,42 m²/ 100 kg_{animal} parece não ser estritamente necessário para transportes mais curtos [43].

Gerritzen et al., (2013) [44], verificaram que para transportes de longa distância (550 km), os animais transportados com a densidade limite presente no regulamento europeu apresentavam maiores valores de frequência cardíaca após o carregamento, quando comparados com animais transportados com mais espaço. Além disso, os suínos transportados com uma densidade normal apresentaram sinais de maior stress (frequência cardíaca mais elevada e maior temperatura corporal) durante a pausa do condutor. Os resultados indicam que os porcos transportados com uma densidade ligeiramente inferior à recomendada pela UE, têm mais facilidade em adaptar-se às condições características de transporte de longa distância [44].

De acordo com Raimundo (2014) [19], valores superiores a 0,45 m².100 kg⁻¹, poderão produzir uma maior incidência de lutas entre animais desconhecidos, sobretudo durante eventuais paragens do veículo. É ainda sugerido que fornecer aos animais mais espaço, isto é, uma densidade superior a 0,39 m²/100 kg, estes poderiam ter uma liberdade de movimentos suficiente para encorajar lutas. Valores de densidade animal entre 0,36-0,39 m²/100 kg, são admissíveis para viagens curtas até 3 horas, porém valores de densidade inferiores a 0,3 m²/100 kg conduzem a um grande stress físico nos suínos.

Para Warriss et al., (1998) [45], densidades a rondar os 0,45 m²/100 kg, providenciam espaço suficiente para todos os animais descansarem de forma a não se sentirem fatigados

durante o transporte. O autor analisou o efeito de densidades entre 0,31 m²/100kg e 0,50 m²/100 kg, verificando que para densidades mais elevadas os porcos apresentavam sinais de stress físico. Estes resultados permitiram-lhe chegar à conclusão de que densidades de transporte de 0,31 m²/100 kg são inaceitáveis para os suínos.

É conhecido o efeito significativo que a densidade animal no transporte tem no bem-estar animal e, conseqüentemente, na qualidade da carne suína. Para densidades superiores a 200 kg/m², os animais mostraram um aumento da temperatura corporal e da frequência cardíaca e respiratória depois de um transporte curto, o que originou uma maior incidência de carnes PSE [32]. Quando a densidade animal foi de 275 kg/m², nem todos os porcos conseguiram deitar-se e, devido a essas mudanças constantes mudanças de posição, os animais não foram capazes de descansar. Isto levou a arranhões, prolapso rectal e pobre qualidade das carnes.

Em suma, uma densidade de 0,42 m²/100kg_{animal} (238 kg/m²) é aceitável e a que otimiza a relação entre o bem-estar animal, qualidade da carne e o lado económico do transporte [32] (Figura 2.4).

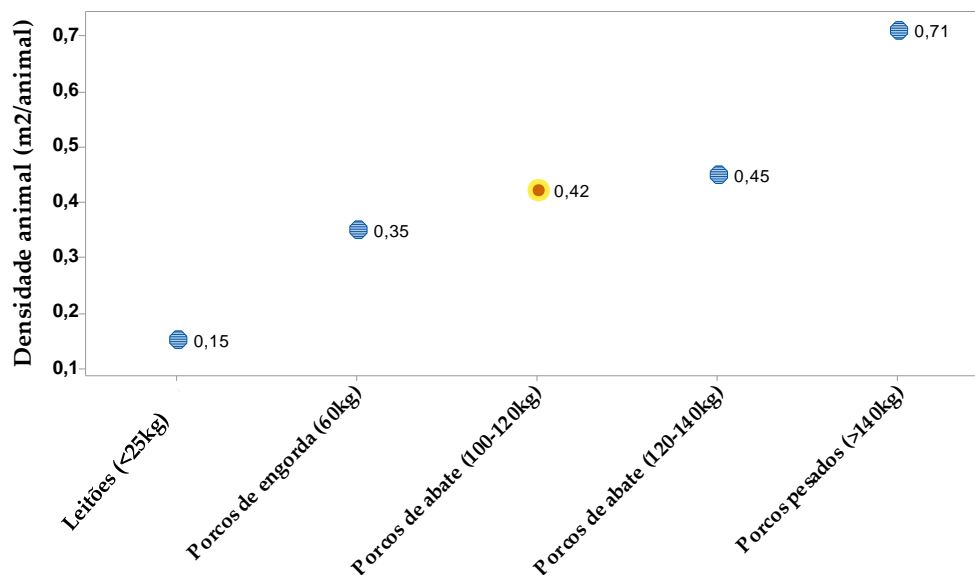


Figura 2.4 - Densidades recomendadas (m²/animal) de acordo com o peso dos suínos no transporte. Adaptado de Lambooj (2007) [32].

Os valores das densidades animais recomendadas para o transporte de suínos encontram-se resumidos na **Tabela 2.2**.

Tabela 2.2 - Comparação de valores recomendados para densidade animal no transporte da exploração ao matadouro.

Densidade animal (m ² /100 kg _{animal})	Densidade animal (kg/m ²)	Observações	Referências
0,45	222	Espaço suficiente para que todos os animais possam descansar durante a viagem	Warriss et al., (1998) [45]
0,42	238	Valor aceitável para o compromisso entre o bem-estar animal, qualidade da carne e a economia do transporte	REGULAMENTO (CE) N.º 1/2005, Comunidade Europeia [8]; Lambooij (2007) [32]
0,36 - 0,39	256 - 278	Valores aceitáveis para viagens curtas (< 3 horas)	Raimundo (2014) [19]
0,36	278	A hipótese de que mais espaço leva a que os porcos descansem mais rapidamente e com melhor bem-estar não está completamente comprovada	Barton Gade (2000) [43]
0,35 - 0,5	200 - 286	Valor para o qual os animais apresentaram menos lesões na pele	Barton Gade & Christensen (1998) [42]

De um modo geral, é aceite que transportes curtos aumentam a incidência de carnes PSE e, em contrapartida, transportes longos originam mais carnes DFD. Isto foi confirmado por Fortin (2002) [46], que concluiu que, tanto nos meses de verão como nos meses de inverno, o transporte longo (2 horas) face ao transporte curto (50 minutos) reduzia a percentagem de carnes PSE e aumentava a incidência de carnes normais.

Apesar de ser conhecido o efeito negativo que as viagens mais longas têm nos animais, a necessidade de abranger uma vasta área geográfica, torna frequentemente impossível reduzir a duração do transporte devido à distância das explorações até ao matadouro [19]. Contudo, é defendida a teoria de que, se as condições do transporte forem boas, a distância de transporte terá um efeito residual na qualidade final da carne [47]. Todavia, os suínos transportados por distâncias curtas (<30 minutos), acabam por ser mais difíceis de manusear no matadouro [35].

Durante o transporte, os suínos vão relaxando gradualmente e os seus níveis de frequência cardíaca e cortisol vão diminuindo à medida que a viagem se prolonga [48]. Chevillon (2000) [36], corrobora isto referindo que o transporte gera stress e esforços que se vão atenuando com a duração do mesmo. O autor explicita ainda, que se denotam picos de stress logo

após o início da viagem dado que os primeiros quilómetros geram pânico porque, normalmente, as condições dos pavimentos são piores e é nesta fase que existe maior frequência de paragens e acelerações.

Por essa razão, a taxa de mortalidade durante o transporte está principalmente associada com o primeiro quarto de hora de viagem, refletindo também os sofrimentos relacionados com as condições de carregamento dos animais para o veículo [36].

Por outro lado, concluiu-se que um transporte curto (cerca de 18 km) aliado a outros fatores de stress característicos do abate comercial, apenas afetou negativamente a qualidade da carne dos porcos mais suscetíveis ao stress [47].

O transporte de suínos da exploração até ao matadouro, na comunidade europeia é, geralmente, inferior a 3 horas [49]. Todavia, caso isso não se verifique, é necessário fazer um planeamento cuidadoso do percurso da viagem. Este inclui paragens essenciais para descanso e inspeção dos porcos, bem como quantidades de água e comida a disponibilizar aos animais [48].

Todos os condutores rodoviários devem ter concluído com êxito a formação e ter sido submetidos a um exame obtendo resultados positivos, aprovado pela autoridade competente, que deve assegurar a independência dos examinadores [8].

Conduzir um camião com animais exige qualidades adicionais, pois para além de se tratar de uma carga em movimento é necessário selecionar uma rota calma, com piso de qualidade e pouco sujeita a engarrafamentos [50].

O condutor do veículo de transporte dos animais é responsável por assegurar o conforto e segurança razoáveis. A saúde, comodidade e estabilidade da postura podem ficar comprometidas, além de poderem ser gerados nos animais enjoos e indisposições. Os veículos deverão ser conduzidos de forma estável, evitando acelerações rápidas e travagens repentinas que são causadoras de quedas e lesões [32].

Foi demonstrado que travagens bruscas e o contornar de rotundas, levaram a subidas repentinas da frequência cardíaca dos porcos durante o transporte [48]. Adicionalmente, Hall & Bradshaw (1998) [49], comparando a resposta dos suínos para uma viagem curta (80 minutos) com condução “suave” em relação a uma condução “rípida”, foi possível concluir que os animais transportados de forma mais abrupta apresentaram níveis de cortisol, hormona associada ao stress, mais elevados.

Existe a teoria de que os porcos reagem à vibração do veículo de forma similar aos humanos, e o enjoo que estes animais possam sofrer pode levar, inclusive, ao vómito se a última refeição tiver sido até quatro horas antes da viagem [19]. Randall & Bradshaw (1998) [51], confirmaram esta teoria, tendo concluído que vibrações de baixa frequência, tanto para transportes curtos como longos provocavam nos suínos enjoos que levavam ao vómito.

2.2.3 Matadouro

O aumento da densidade animal no matadouro é uma forma de aumentar o rendimento e retorno do capital investido. Contudo, os efeitos de uma densidade animal muito alta (sobrepopulação) levam ao aumento de lutas, doenças, menor crescimento dos suínos e menor

conversão de comida, o que diminui o valor das carcaças. Com o aumento da densidade animal, estes passam mais tempo em pé e a andar e menos tempo a repousar, o que causa um claro distúrbio e tensão levando a comportamentos mais agressivos [40].

Quando os porcos lutam entre si no matadouro provocam lesões nas carcaças, o que poderá levar à desvalorização das mesmas. Alguns fatores aumentam a probabilidade de ocorrerem estas lutas, como a mistura de grupos sociais e a presença em exclusivo de machos no matadouro. Os animais em jejum, apresentam maior tendência para se comportar de forma agressiva quando comparados a animais alimentados. Estes últimos, tiram períodos de descanso entre lutas, enquanto os suínos em jejum lutam durante mais tempo. Presume-se que os animais aprendem desde tenra idade a lutar pelo que querem e esse hábito mantém-se. [52].

Caso não seja possível evitar a mistura de animais de explorações diferentes no matadouro, as lutas poderão ser reduzidas misturando grupos pequenos e dando espaço suficiente ($0,5-0,67 \text{ m}^2/100 \text{ kg}_{\text{animal}}$). A razão para isto, é que altas densidades aumentam os danos na pele por não permitirem que os animais atacados possam escapar [39]. Corroborando esta informação, observou-se que quando se organizavam os porcos em grupos grandes (30 animais), estes mantinham-se mais tempo em pé e apresentavam um comportamento mais agressivo do que os porcos mantidos em grupos pequenos (10 animais), com uma densidade de $0,5 \text{ m}^2/100 \text{ kg}_{\text{animal}}$ [29][43] (**Tabela 2.3**).

Tabela 2.3 - Densidades animais recomendadas pela indústria dinamarquesa nos matadouros tendo em conta o tempo de descanso dos suínos. Adaptado de Faucitano & Schaefer (2008) [53].

Tempo de descanso	Densidade animal ($\text{m}^2/100 \text{ kg}$)
< 30 minutos	0,45
< 3 horas	0,55
> 3 horas	0,65

Adicionalmente, segundo Raimundo (2014) [19], misturar os suínos antes do transporte durante uma hora num espaço restrito ($0,35 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$), é uma forma de reduzir significativamente as lesões na pele dos suínos, quando comparado com a mistura de porcos num espaço aberto.

Antes de serem abatidos, os animais são colocados numa área que permite, por um lado, uma velocidade de abate mais constante mesmo com variações nas entregas de animais por parte de produtores e, por outro lado, faz com que estes possam descansar e recuperar do stress e fadiga que sofreram no transporte [47].

Após avaliação de lesões na carcaça e qualidade da carne, concluiu-se que tempos de espera pré-abate longos (22 horas) levaram a uma menor incidência de carnes PSE sem que aumentasse a ocorrência de carnes DFD. Por outro lado, as carcaças destes animais apresentaram lesões relacionadas a lutas que ocorreram devido ao jejum prolongado. Além disso, foi possível concluir que as variáveis ligadas ao transporte (carga, descarga e densidade animal no transporte) tiveram um efeito pouco significativo na resposta ao tempo de repouso no matadouro. A ausência de interação entre o tempo de espera e o genótipo do gene do Halotano, sugere que diferentes períodos de descanso não se relacionam com a suscetibilidade do animal ao stress [54].

Em contraste com L. N. Costa et al. (2002) [54], segundo Faucitano (2010) [55], um prolongamento do tempo de descanso reduz o número de carnes PSE, mas com maiores perdas do peso das carcaças e com uma subida da incidência de carnes com características DFD (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Efeito no tempo de descanso pré-abate no peso das carcaças e na qualidade da carne em porcos em repouso com durações distintas. Adaptado de L. Faucitano (2010) [55].

Peso da carcaça (kg)	71,1	71,4	69,5
Tempo de descanso (h)	≤1	3	Durante a noite
PSE (%)	19,0	14,0	12,0
DFD (%)	3,0	7,0	8,5

Os suínos necessitam no mínimo de duas horas para recuperarem do stress e do esforço gerado no transporte. A etapa de espera no matadouro permite aos animais estabilizar o seu metabolismo, sistema circulatório e recuperar os níveis de glicogénio. Caso não seja bem aplicada, poderá tornar-se uma fonte de stress adicional, mesmo que a duração da viagem tenha sido curta [36].

O tempo pré-abate é crucial de forma a preservar a qualidade final da carne de suíno. No presente estudo, foi possível concluir que se obteve uma qualidade final da carne melhorada quando os suínos puderam ter um tempo de recuperação adequado. Este período de recuperação deverá ser ajustado consoante os fatores ambientais a que os animais estão expostos [56].

Segundo Fortin (2002) [46], um tempo de descanso inferior a 30 minutos resultou numa maior ocorrência de carnes PSE. Porém, um período de 3 horas de repouso levou a um melhoramento na qualidade da carne através da redução da existência de carnes pálidas, moles e exsudativas. Ao estender o tempo de descanso para 6 horas, os resultados foram inconsistentes, devido a interações entre a altura do ano, produtor e gestão do matadouro. Por esta razão, concluiu-se que um tempo de 3 horas garante melhorias na qualidade da carne, independentemente do tempo de transporte, estação do ano ou produtor.

Para concluir, segundo Warriss (1987) [47], o local de descanso pré-abate pode não ser o ambiente adequado para a recuperação de stress proveniente do transporte e isso reflete-se na qualidade final da carne. Em alguns suínos, em particular nos mais resistentes ao stress, o descanso parece ter pouca influência na qualidade da carne. Esta afirmação é também verdadeira para animais que chegam ao matadouro sem terem sofrido qualquer evento stressante, durante o transporte, pelo que nestes casos um abate imediato poderá ser o mais aconselhado. Contudo, em porcos mais suscetíveis ao stress, sugere-se um tempo de descanso na ordem das 6 horas, de forma a permitir uma recuperação do transporte e, diminuir assim, a incidência de carnes PSE [47].

Por outro lado, segundo Faucitano (2010) [55], a aplicação de tempos de descanso demasiado curtos (<60 minutos) não é recomendável, visto que resulta numa maior fadiga, porcos mais excitados, maior temperatura muscular imediatamente pré-abate e maior nível de ácido láctico no músculo resultante em carnes PSE. Inúmeros estudos, baseados no nível de

cortisol pós abate, concluíram que uma duração de 2 a 3 horas para descansar era o requerido do ponto de vista do bem-estar animal.

De seguida, é apresentada uma tabela comparativa com diversos valores de tempos de descanso e o seu efeito na qualidade final na carne de suíno (**Tabela 2.5**).

Tabela 2.5 - Efeitos de diferentes tempos de descanso pré-abate nos suínos.

Tempos de descanso	Observações	Referências	País
22 horas	↓ PSE sem ↑ DFD	L. N. Costa et al. (2002) [54]	Itália
> 2 horas	Necessário para recuperar do stress do transporte	Chevillon (2000) [36]	França
30 minutos	↑ PSE	Fortin (2002) [46]	Canadá
3 horas	Tempo ideal de uma forma geral		
Abate direto	Suínos resistentes ao stress não necessitam descanso	Warriss (1987) [47]	Reino Unido
6 horas	↓ PSE, para suínos suscetíveis ao stress		
< 1 hora	↑ PSE	Faucitano (2010) [55]	Canadá
2 - 3 horas	↓ PSE e tempo ideal para o bem-estar animal		

Os procedimentos de abate iniciam-se com uma operação de atordoamento para tornar os animais inconscientes e insensíveis, antes da sangria que lhes produz a morte. Esta operação é uma obrigação legal, realizada, não só por razões humanitárias, mas também para segurança pessoal [19].

Segundo o Anexo C do Decreto Lei Nº28/96 [7], os animais devem ser imobilizados de modo a evitar quaisquer dores, sofrimento, agitação, lesões ou contusões inúteis. Qualquer processo destinado a limitar os movimentos do animal, deverá ter como única finalidade evitar o medo e movimentos desnecessários, a fim de facilitar um atordoamento e occisão eficazes [9].

No que respeita a suínos, os métodos de atordoamento mais utilizados são a exposição a CO₂ e o atordoamento elétrico [44][49].

Segundo o Decreto Lei Nº28/96 (1996) [7], no atordoamento com recurso a CO₂, a sua concentração em volume terá de ser superior a 70%. As câmaras usadas para o efeito, devem permitir que os animais se mantenham de pé até perderem os sentidos, além de que devem ser iluminadas para que os suínos se vejam uns aos outros e o que os rodeia. Adicionalmente, a câmara deve dispor de aparelhos para medir a concentração de gás no ponto de exposição máxima. Esses aparelhos devem emitir um sinal de alerta claramente visível e audível caso a concentração de dióxido de carbono desça abaixo do nível exigido.

De acordo com Loureiro (2017) [57], este tipo de atordoamento consiste na exposição de pequenos grupos a concentrações crescentes de CO₂ superior a 80% de teor de CO₂. O efeito desta exposição é de uma gradual depressão da atividade cerebral que culmina na perda de consciência. O atordoamento com recurso a CO₂ apresenta como benefício uma menor incidência de carnes PSE e de hemorragias nas carcaças, em comparação com a eletronarcose.

No atordoamento por eletronarcose, segundo o Decreto Lei Nº28/96 [7], os elétrodos devem ser colocados de modo a contactar o crânio, permitindo que a corrente elétrica o atravesse. Convém, além disso, tomar medidas apropriadas para garantir um bom contacto elétrico, designadamente eliminar o excesso de pelo e molhar a pele. O aparelho deve estar ligado a um dispositivo, posicionado de modo a ser claramente visível pelo operador, a tensão e a intensidade da corrente aplicadas. No caso dos suínos, o atordoamento por eletronarcose, deve ser aplicado com uma corrente de 50 Hz com uma amperagem mínima de 1,30 A, durante 1 a 3 segundos, excetuando-se os casos em que as instruções do aparelho aconselhem outros períodos de tempo. Uma corrente mínima de 1,30 A com uma corrente de 50 a 1500Hz é suficiente para um atordoamento suíno satisfatório [53].

No uso da insensibilização elétrica, o objetivo é que o suíno tenha uma inconsciência instantânea sob determinadas condições, sendo que a corrente elétrica mínima deverá ser de 1,25 A em menos de um segundo. O posicionamento dos elétrodos deve ser efetuado de modo a envolver o cérebro (posição dos elétrodos de olho a olho ou olho a orelha) [36].

Segundo, Meliciano (2011) [35], os métodos de atordoamento causam vários graus de contração muscular e aumento da pressão sanguínea e, como tal, podem afetar a qualidade da carne por ocorrência de hemorragias musculares, quebras de ossos e o aumento da incidência de carnes PSE.

Leman (1993) [58], refere que a eletronarcose funciona como uma estimulação elétrica dos músculos, provocando a queda rápida do valor do pH, independentemente das características genéticas do animal. Além disso, o atordoamento elétrico de alta voltagem originou mais carne de tipo PSE do que o de baixa voltagem. Concretamente, ao nível do *Ld*, a incidência de características PSE variou entre 10 e 19 %.

Por outro lado, Lawrie (2006) [59], concluíram existirem indícios de que os suínos atordoados eletricamente apresentavam reservas de glicogénio ligeiramente mais baixas. Juntamente a isso, estes apresentaram níveis de pH final superiores ao grupo de controlo, composto por suínos não atordoados.

Contradizendo isto, Rosenvold & Andersen (2003) [37], defendem que, de um modo geral, os músculos dos porcos que sofreram um atordoamento por eletronarcose apresentam uma taxa mais rápida da queda de pH inicial e uma pior capacidade de retenção da água, quando comparados com porcos atordoados com recurso a CO₂.

Channon et al. (2000) [60], mencionam ainda que a carne proveniente de porcos atordoados com recurso a CO₂ apresentou menores perdas de água por *drip loss* comparativamente a porcos atordoados eletricamente. Todavia, a tenrura da carne não foi influenciada pelo genótipo, tratamento pré-abate ou método de atordoamento.

Ainda que, de uma forma geral, o atordoamento com CO₂ seja considerado mais benéfico em relação ao atordoamento elétrico, o facto de o atordoamento por CO₂ não ser um método instantâneo poderá provocar um intenso stress nos suínos durante o manuseamento, porque os animais poderão sentir-se presos e sem formas de escapar [36].

A sangria é considerada um processo causador de stress nos suínos [15].

Em relação aos animais que tenham sido atordoados, a sangria deve ser iniciada o mais rapidamente possível após o atordoamento e deve ser efetuada de modo a provocar um escoamento de sangue rápido, profundo e completo, antes que o animal recupere a consciência. No caso do atordoamento por CO₂ o tempo máximo é de 60 segundos e no atordoamento por eletronarcose, o tempo máximo até à sangria é de 20 segundos (**Tabela 2.6**).

Tabela 2.6 - Tempo máximo permitido desde o atordoamento até ao início da sangria. Adaptado de Decreto-Lei No28/96 (1996) [7].

Método de atordoamento	Tempo máximo até sangria (s)
CO ₂	60 (depois de sair da câmara)
Eletronarcose	20

O atordoamento do animal por qualquer método, produz uma elevada pressão sanguínea no sistema arterial, venoso e capilar e aumenta os batimentos cardíacos, fatores que favorecem a sangria. O aumento do intervalo de tempo entre o atordoamento e sangria, o estado de tensão dos animais, traumatismos e infeções promovem o aumento da pressão sanguínea e ocasionam o aparecimento de hemorragias musculares [35].

O stress emocional causa vasodilatação. Esta, combinada com atordoamento elétrico, poderá explicar a maior incidência de *blood splashes* (hemorragias na carne) em animais mais suscetíveis ao stress [59]. Por outro lado, a escolha do atordoamento com CO₂, permite diminuir a probabilidade da ocorrência de hemorragias na carne [37].

Em suma, a sangria deve ser realizada o mais rápido possível após o atordoamento, independentemente do processo aplicado, dado que além de causar uma aparência desagradável, é um excelente meio para a o crescimento de microrganismos [59].

Após o abate, o arrefecimento pode influenciar a incidência de carnes do tipo PSE. A refrigeração da carne é utilizada há décadas para prevenção e prolongamento da vida nas prateleiras [61]. Além disso, este método atrasa o crescimento microbológico bem como as alterações químicas características do período *post-mortem* [59].

De acordo com o Ponto 8 do capítulo IV do Regulamento (CE) N^o 853/2004, do Parlamento Europeu (2004) [10], após a inspeção e a evisceração, os animais abatidos devem ser limpos e refrigerados até atingirem uma temperatura não superior a 4°C, assim que possível.

Quando se inicia a refrigeração, a temperatura interna da carcaça encontra-se aproximadamente entre 32,8°C e 41,1°C [35].

A refrigeração rápida, isto é, a redução da temperatura intramuscular da forma mais rápida possível depois da sangria, pode ser um método eficaz na redução da incidência de carnes PSE. Além disso, constatou-se que a refrigeração rápida afetou a cor da carne, de modo que, quanto maior o tempo de exposição às temperaturas baixas, mais escura será a carne [62].

Segundo Kurt & Klont (2006) [63], uma queda rápida da temperatura aliada a um declínio lento do pH é essencial para produzir uma carne de porco de qualidade. O arrefecimento rápido das carcaças é um aspeto muito importante para melhorar a qualidade da carne por duas razões:

- O efeito direto leva a uma menor desnaturação dos músculos.
- Diminuir rapidamente a temperatura *post-mortem* irá diminuir, conseqüentemente, a velocidade das reações bioquímicas que ocorrem pós-abate, o que irá levar a uma diminuição da taxa de queda do pH.

Foi ainda definido como regra geral, com base nos seus resultados, que a temperatura da carcaça, 2 horas *post-mortem*, deverá situar-se abaixo dos 30°C - 32°C [63].

Foram estudados os efeitos de um arrefecimento a - 40°C e verificou-se um aumento significativo da dureza da carne, sobretudo ao fim de três horas de arrefecimento. Este efeito seria o resultado da ocorrência do fenómeno denominado por *cold shortening* (contração pelo frio). Este é descrito como encurtamento ou contractura pelo frio e acontece quando os músculos são arrefecidos a temperaturas abaixo de 15 a 16°C, antes da rigidez cadavérica se instalar [19].

Esta informação é comprovada por Rosenvold & Andersen (2003) [37]. Os autores indicam que a refrigeração rápida das carcaças traz benefícios ao nível da capacidade de retenção da água e cor da carne, porém, poderá surgir o problema do *cold shortening* se a temperatura diminuir de forma demasiado rápida enquanto os níveis de energia do músculo ainda estiverem elevados.

No entanto, nos suínos, um aumento na dureza da carne tem pouca relevância a nível comercial e, neste sentido, foi demonstrado que somente nos músculos com um elevado valor do pH_i (6,1 - 6,5) se verificava uma diminuição da tenrura devido à aplicação destas formas drásticas de arrefecimento [19].

Em suma, o melhor sistema de refrigeração será aquele que, de uma forma otimizada, minimiza a velocidade da queda do pH e maximiza a velocidade da queda da temperatura da carcaça sem comprometer a qualidade da carne [64].

2.3 A qualidade da carne de suíno

Segundo Adzitey & Nurul (2011) [65], a pressão para obter resultados lucrativos não é exceção nas empresas da indústria animal e, por isso, existe uma constante procura por animais com conversões de comida eficientes, rápido crescimento e com grandes percentagens de carne magra, sempre associados ao menor custo de produção possível. Isto levou as explorações originassem animais cada vez mais suscetíveis ao stress, tendo-se desenvolvido carnes com defeitos ao nível da qualidade. As carnes pálidas, moles e exsudativas (PSE) e as carnes escuras, duras e secas (DFD) são pouco atrativas ao consumidor e são as causas de perdas significativas ao nível económico.

À semelhança das carnes DFD, as carnes PSE estão ligadas a stress *ante-mortem*, porém o mecanismo é bastante distinto. As carnes DFD são causadas pelo esgotamento do glicogénio do músculo antes do abate, o que limita a acidificação do músculo *post-mortem*. Por outro lado,

nas carnes PSE, não há esgotamento de glicogénio, mas, em vez disso, o animal encontra-se psicologicamente stressado e isso leva a que o músculo acidifique a uma velocidade muito rápida enquanto a carcaça ainda se encontra quente. Por essa razão, a combinação de um pH muscular baixo com uma temperatura elevada do músculo, aumenta a incidência de carnes com características PSE [52].

Os suínos que apresentem uma maior concentração de fibras brancas *fast-twitch* de tipo II (tipo II X e II B) são mais suscetíveis ao stress que suínos com uma diferente distribuição de tipos de fibras. Os primeiros, apresentam concentrações de lactato mais elevadas e um subseqüente rápido declínio do pH no período *post-mortem* inicial, devido à sua maior capacidade glicolítica, o que acaba por se traduzir num aumento da incidência de carnes PSE [14].

As mudanças que ocorrem na conversão do músculo em carne, não só alteram algumas propriedades bioquímicas e físicas, como também têm um papel importante na manutenção da qualidade e aceitação da carne [66].

Os programas de qualidade, relacionados com a carne suína, devem ter como objetivos a garantia da diminuição da variação dos atributos percebidos pelos consumidores, nomeadamente aqueles que causam maior descontentamento [67].

O processo de conversão do músculo em carne é complexo e envolve uma série de alterações no metabolismo celular, bem como na estrutura proteica, que se caracterizam pelo esgotamento das reservas de ATP, queda de temperatura, estabelecimento do rigor mortis, e diminuição do pH [35].

Na altura da morte, o músculo esquelético está flácido e é extensível. Contudo, à medida que a glicólise *post-mortem* avança, o músculo torna-se inextensível, atingindo o estado denominado por *rigor mortis* [66]. Segundo Raimundo (2014), as temperaturas mais elevadas, assim como os esforços *ante-mortem*, aceleram a glicólise e a instalação da rigidez. Pelo contrário, a estimulação da respiração acelera o metabolismo aeróbio e atrasa essa instalação.

Após a morte, deixa de ocorrer o fornecimento de nutrientes e oxigénio transportados pela corrente sanguínea, no entanto, os músculos continuam a exercer um metabolismo exclusivamente por via anaeróbia (com uma muito menor produção de energia face à via aeróbica) deixando de transformar a glicose em ácido pirúvico, mas sim em ácido láctico. A conseqüente acumulação de ácido láctico implica uma diminuição progressiva do pH da carne [35].

Segundo Chevillon (2000) [36], o nível de stress durante o maneio até ao atordoamento, irá influenciar a velocidade de transformação do glicogénio em ácido láctico. Isto é, quanto maior for o stress e a excitação dos suínos nos minutos que precedem o abate, maior será a velocidade de transformação do açúcar residual em ácido láctico.

O metabolismo da célula continuará enquanto existirem as substâncias energéticas que o suportam, e isso variará com a concentração inicial dessas mesmas substâncias [19].

O pH exerce uma influência, direta ou indireta, sobre as diversas características de qualidade da carne como a cor, capacidade de retenção de água, tenrura e sabor [15].

De acordo com Embrapa Suínos e Aves (1998) [68], a primeira, e provavelmente uma das mais importantes medidas padrão a nível mundial, é o valor do pH inicial (pH_i , pH_{40} ou pH_{45}), geralmente medido 40-45 minutos após a sangria. O pH_i possui alta correlação com o

genótipo de sensibilidade ao stress (gene do Halotano), sendo possível diferenciar os animais sensíveis ao stress dos não sensíveis através da sua medição.

Zhang et al. (2017) [14], afirmam que os músculos do porco sofrem uma queda do pH *post-mortem* mais célere face a outros mamíferos porque os suínos possuem um maior número de fibras glicolíticas do tipo II B. Por essa razão, estes animais estão mais sujeitos a experienciar temperaturas elevadas, durante a fase inicial do *rigor mortis*.

Segundo Rübensam (2000) [15], os principais músculos do lombo e do pernil, *Longissimus dorsi* (*ld*) e *Semimembranosus* (*sm*), respetivamente, são os músculos de eleição para a avaliação da qualidade da carne suína, através das medidas de pH inicial por serem acessíveis em carcaças intactas. Os valores de pH destes músculos, medido no mesmo momento, correlacionam-se entre si, indicando que o padrão de declínio do pH num músculo é semelhante ao do outro músculo. Em geral, o pH_i do lombo é sempre um pouco inferior ao do pernil.

Após o arrefecimento, quando as reações bioquímicas acabam por completo na carne e a sua qualidade final é atingida, a utilização de valores de pH final (pH_u), cor final e medidas de capacidade de retenção de água (CRA), permitem definir com maior precisão a real frequência de lombos ou pernis com características PSE e DFD [42][61] (**Figura 2.5**).

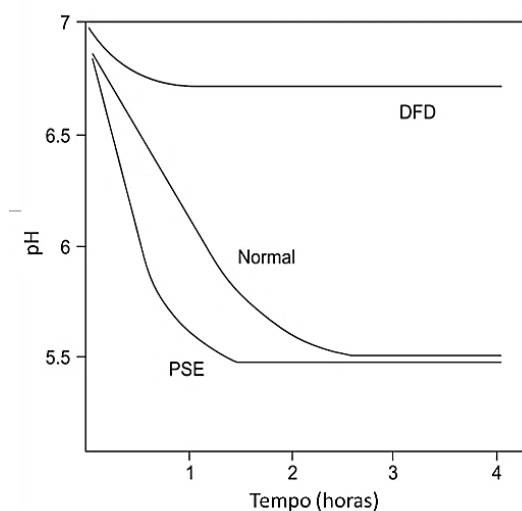


Figura 2.5 - Queda do pH em músculos destinados a ter uma aparência PSE, normal ou DFD. Adaptado de Gregory & Grandin (1998) [52].

Segundo Offer et al., (1989) [69], o valor do pH atingido aos 45 minutos após o abate (pH_{45}) é usado como uma medida da taxa de glicólise e, em caso extremo, pode ser tão baixo como 5,2. Os músculos com um valor de pH_{45} inferior a 6,0 são geralmente considerados como sendo de tipo PSE [58][62].

Lawrie & Ledward (2006) [59], à semelhança de Silva (2014) [12], consideram que as carnes com características PSE, apresentam pH_i próximo de 5,4. Porém, no que diz respeito ao pH_u , Lawrie & Ledward (2006) [59], indicam que as carnes PSE têm valores próximos de 4,7 e Silva (2014) [12] indica valores próximos de 5,3, algo que é corroborado por Adzitey & Nurul (2011) [65].

A possível existência de uma carne com característica PSE é confirmada pela queda do pH para valores abaixo de 5,8, na primeira hora após o abate [63][64]. O último autor, explicita ainda que valores de pH inferiores a 5,5, medidos 24 horas após o abate, levam a uma maior

incidência de carnes PSE. Além disso, o fator crítico parece ser a queda rápida do pH para 5,3 - 5,4, quando o meio ainda se encontra quente ($\sim 38^{\circ}\text{C}$) [51][63].

De acordo com Rübensam (2000) [15], em músculos de mamíferos, o valor de pH um dia após o abate está em torno de 5,4-5,5. No porco, a glicólise segue o mesmo modelo e, 24 horas post-mortem, o pH_u tende a ser um pouco mais elevado, em torno de 5,8.

A queda do pH causa a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas que precipitam sobre as proteínas miofibrilares, produzindo assim, uma perda na capacidade de retenção de água da carne, com perda de líquido (exsudação) [70]. Segundo Huff-Lonergan & Lonergan (2005) [13], estima-se que cerca de mais de 50% da carne de porco apresentam valores de exsudação inaceitáveis.

As perdas de peso variam entre 1%-3% para carnes frescas normais e podem chegar a atingir valores de 10% em carnes PSE. Isto é importante do ponto de vista económico, dado que a carne é vendida em função do seu peso [69].

Para Towers (2016) [71], uma exsudação superior a 6% é suficiente para que a carne seja considerada PSE mas, para Adzitey & Nurul (2011) [65], carnes com estas características são as que apresentam percentagens de exsudação a rondar os 13-15%.

O músculo magro é constituído aproximadamente por 75% de água, 20% de proteína, 5% lípidos e gordura e 1% de hidratos de carbono, vitaminas e minerais. A molécula de água é dipolar, o que significa que é atraída por espécies carregadas, como é o exemplo das proteínas. Assim que o pH atinge o ponto isoelétrico das proteínas principais ($\approx 5,4$), a sua carga elétrica líquida é zero, dado que existe uma igualdade entre cargas positivas e negativas. Isto leva a uma maior atração entre os grupos positivos e negativos da proteína, fazendo com que a quantidade de água retida diminua. Por esta razão, uma descida acelerada do pH e o seu valor final baixo estão relacionadas com uma fraca capacidade de retenção de água devido ao encolhimento das estruturas proteicas [65][66] (**Figura 2.6**).

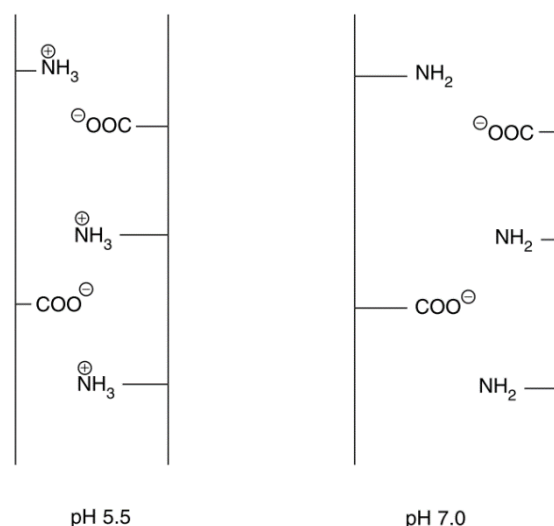


Figura 2.6 - Esquema do encolhimento da proteína devido à diminuição do pH da carne ($\text{pH}\approx 5,5$) em relação ao pH do músculo ($\text{pH}\approx 7$). Adaptado de Honikel (2009) [72].

Adicionalmente, segundo Raimundo (2014) [19], a quantidade de exsudado libertado do músculo no estado de *rigor mortis*, mostra uma dependência bem definida em relação ao

valor do pH_{45} . Para um valor de pH_{45} de 6,1 a quantidade de exsudado é elevada, abaixo de pH 6,1 ela aumenta só ligeiramente com o decréscimo do pH_{45} , mas acima deste valor de pH diminui rápida e linearmente com o valor do pH_{45} . O mesmo autor refere que valores de pH_u inferiores a 5,0, refletem carnes com características PSE.

O facto dos músculos dos suínos serem, em grande parte, compostos por fibras *fast twitch* (II B), está relacionado com uma pior capacidade de retenção de água e, consequentemente, cores mais claras da carne [14].

Para Raimundo (2017) [73], as carnes PSE são as que apresentam simultaneamente um pH_i inferior a 6,2, pH_u inferior a 5,4, uma exsudação superior a 3,5 % e ainda uma luminosidade (L^*) superior a 54,5.

A velocidade da queda do valor do pH *post-mortem* e o valor final do pH da carne podem influenciar a cor, tendo sido evidenciada uma correlação significativa entre o pH_u e a sua cor da carne [19].

Em amostras com uma elevada capacidade de dispersão de luz, como é o caso das carnes PSE, a luz não penetra suficientemente na carne. Por essa razão, existe pouca absorção por parte da mioglobina o que torna a aparência da carne mais pálida. Há bastante tempo que tem sido validada a relação entre a aparência da carne e a capacidade de retenção de água, ainda que não tenha sido estabelecida um paralelismo entre a exsudação e a dispersão de luz [69].

A aparência superficial é o que leva o consumidor a decidir-se pela compra da carne, uma vez que é o único fator inerente à carne que pode ser percebido visualmente no momento da escolha [74].

A avaliação da cor é muito importante, não só para a indústria da carne, mas também para trabalhos de investigação onde esta tem um papel significativo na avaliação da qualidade da carne. A cor da carne é dependente da quantidade de mioglobina e da estrutura muscular, sendo esta resultante da velocidade e extensão da queda de pH [75].

O sistema CIELAB, desenvolvido em 1976, é atualmente o método mais popular para medir a cor de objetos, sendo usado em diversas áreas.

Neste espaço de cores, o L^* representa a luminosidade, enquanto o a^* e b^* são coordenadas cromáticas. O sinal das coordenadas a^* e b^* é indicativo da direção da cor: $+a^*$ representa a cor vermelha, $-a^*$ a cor verde, $+b^*$ a cor amarela e $-b^*$ a cor azul. À medida que o valor das coordenadas a^* e b^* aumenta, também a saturação da cor se torna maior [76].

Um aspeto que deve ser tido em conta, aquando da avaliação da cor, é o tempo de oxigenação, dado que com a exposição da superfície da carne começam a ocorrer alterações de cor, processo denominado por *blooming* [75].

Segundo Limsupavanich et al., (2017) [77], tendo por base o sistema de avaliação CIE L^*, a^*, b^* , o tempo de oxigenação, para a carne de porco, deve ter uma duração de pelo menos 30 minutos.

Em relação à luminosidade, Towers (2016) [71], considera que valores superiores a 55 remetem para carnes do tipo PSE, enquanto que para Adzitey & Nurul (2011) [65], as carnes deste tipo, apresentam valores de L^* na ordem dos 60-66.

De seguida é apresentada uma tabela com os valores de parâmetros como pH_i , pH_w , exsudação e luminosidade, considerados pelos respetivos autores como sendo de carnes com características PSE (**Tabela 2.7**).

Tabela 2.7 - Valores de pH_i, pH_u, luminosidade (L*) e exsudação de carnes consideradas do tipo PSE.

Parâmetro	Valor	Referência	País
pH inicial (pH_i)	< 6,0	Adzitey & Nurul (2011); Offer et al., (1989)	Malásia; EUA
	≤ 6,2	Raimundo (2017)	Portugal
	< 5,8	Olegario et al., (2007); Towers (2016)	Brasil; EUA
	≈ 5,4	Lawrie & Ledward (2006); Silva (2014)	Reino Unido; Brasil
pH final (pH_u)	≈ 5,3	Adzitey & Nurul (2011); Silva (2014)	Malásia; Brasil
	≤ 5,4	Raimundo (2017)	Portugal
	< 5,0	Raimundo (2014)	Portugal
	≈ 4,7	Lawrie & Ledward (2006)	Reino Unido
	< 5,5	Towers (2016)	EUA
Luminosidade (L*)	60 - 66	Adzitey & Nurul (2011)	Malásia
	≥ 54,5	Raimundo (2017)	Portugal
	> 55	Towers (2016)	EUA
Exsudação (%)	13-15	Adzitey & Nurul (2011)	Malásia
	> 3,5	Raimundo (2017)	Portugal
	≈ 10	Offer et al. (1989)	EUA
	> 6,0	Towers (2016)	EUA

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da amostra

Para este estudo foram recolhidos dados relativos à genética, à exploração, transporte da exploração até ao matadouro e às condições dos animais no matadouro, mais concretamente na abegoaria. A amostra foi composta por 180 suínos provenientes de 2 fornecedores e 7 explorações distintas, nas regiões de Leiria, Alcobaça, Caldas da Rainha, Mafra e Rio Maior. Para fins estatísticos, as explorações foram numeradas aleatoriamente. Do ponto de vista genético, todos os animais apresentaram na linha mãe as raças *Landrace*, *Large White* e *Pietran* e na linha pai, exclusivamente, a raça *Pietran*.

A recolha dos dados foi feita ao longo de 6 deslocações a um matadouro localizado na zona do Montijo, entre os dias 14 de setembro e 20 de outubro de 2021. Em cada deslocação foi recolhida uma amostra aleatória composta por 30 animais dos fornecedores selecionados para o estudo. Da amostra total de 180 suínos, 93 eram fêmeas, 75 do género macho e 12 animais eram castrados.

3.2 Parâmetros relativos ao bem-estar animal

3.2.1 Transporte

Durante o transporte foi analisada a densidade animal. Os animais estudados foram todos transportados em veículos próprios dos fornecedores, pelo que foi possível obter as áreas de transporte disponíveis aos suínos. A densidade animal de cada transporte ($m^2/100kg_{animal}$) foi obtida, dividindo a área total de transporte destinada aos suínos pelo peso líquido total dos animais (**Equação 3.1**).

Equação 3.1 - Cálculo da densidade animal no transporte (kg/m^2).

$$\text{Densidade animal no transporte} \left(\frac{m^2}{100 kg_{animal}} \right) = \frac{\text{Área de transporte total} (m^2)}{\text{Peso líquido total} (kg)} * 100 \quad (3.1)$$

3.2.2 Tempo de espera, tempo de jejum e densidade animal na abegoaria

O tempo de espera pré-abate dos animais foi calculado fazendo a diferença entre a hora de receção dos animais no matadouro e a hora de início do abate desses mesmo suínos.

Os animais que passaram a noite na abegoaria tiveram de ser alimentados, tendo por base, a lei que obriga um suíno que passe mais de 12 horas na abegoaria a ter acesso a comida. Para esses, o tempo de jejum foi calculado fazendo a diferença entre a hora de alimentação no matadouro e a hora de início de abate. Para os restantes, após um inquérito aos fornecedores, foram assumidas 12 horas de jejum até à chegada ao matadouro, tendo sido posteriormente somado o tempo de espera pré-abate, para calcular o tempo total que estes suínos estiveram privados de comida.

Em relação ao cálculo da densidade animal na abegoaria, este foi feito utilizando a área total dos parques em que determinado lote de animais se encontrava. Tendo isto em conta, o valor da densidade animal na abegoaria, em metros quadrados por 100 kg de animal, resultou do quociente entre a área total dos parques destinados ao descanso dos porcos e o peso líquido total do lote de animais multiplicado por 100 (**Equação 3.2**).

Equação 3.2 - Cálculo da densidade animal na abegoaria ($m^2/100$ kg animal).

$$\text{Densidade animal na abegoaria} \left(\frac{m^2}{100 \text{ kg}_{\text{animal}}} \right) = \frac{\text{Área total de descanso} (m^2)}{\text{Peso líquido total} (kg)} * 100 \quad (3.2)$$

3.3 Indicadores da qualidade final da carne

3.3.1 pH e temperatura

Para a medição do pH, foi utilizado um potenciómetro com eléctrodos de membrana de vidro com sensibilidade aos iões de hidrogénio da marca Testo, modelo 205, com uma exatidão de $\pm 0,02$ pH e resolução 0,01 pH. O pH_i foi medido cerca de 50 minutos *post-mortem* e o pH_u medido cerca de 24 horas após a morte do animal. Ambas as medições foram feitas no músculo do lombo (*longissimus dorsi*) entre a primeira e terceira costelas do animal (**Figura 3.1**). No início de cada semana o aparelho foi calibrado, utilizando para o efeito soluções tampão com pH 4 e 7, certificadas pelo DAKKS (*Deutsche Akkreditierungsstelle*).

O mesmo aparelho possui ainda uma sonda para medição da temperatura com uma exatidão $\pm 0,4^\circ\text{C}$ e resolução $0,1^\circ\text{C}$. Por esta razão, à semelhança do explicado anteriormente, foram medidas as temperaturas das carcaças, aproximadamente, 50 minutos e 24 horas *post-mortem*.

Neste estudo, foram efetuadas 180 medições de pH_i , pH_u , temperatura inicial e temperatura final.



Figura 3.1 - Localização da medição do pH e temperatura no músculo longissimus dorsi.

3.3.2 Perda de água por exsudação (*Drip Loss*)

Para a medição da perda de água por exsudação, foi adotado o método desenvolvido pelo *Danish Meat Research Institute (DMRI)* [78]. Denominado por *EZ-Driploss*, este é um método gravimétrico exclusivo para o estudo do *drip loss* na carne de suíno (**Figura 3.2**). A eficácia do processo está comprovada para a utilização no músculo *longissimus dorsi*, um armazenamento de 24 ± 4 horas, a uma temperatura entre 3 e 9 graus.

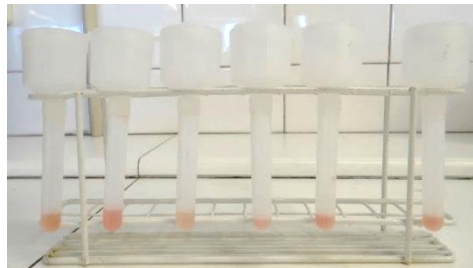


Figura 3.2 - Recipientes EZ-Driploss com exsudado.

Em primeiro lugar, cada recipiente foi pesado vazio e devidamente identificado com o número de ordem do animal amostrado. Para cada pesagem, foi utilizada uma balança da marca *XSIstruments*, modelo BL 303, com uma capacidade máxima de 300g, uma precisão às milésimas e um erro de $\pm 0,001$ g.

Com recurso a uma faca foram retiradas amostras de carne com aproximadamente 2 cm de espessura, de forma a que coubessem nos recipientes adquiridos ao DMRI, sem que estivessem em contacto com a tampa do mesmo (**Figura 3.3**). Os recipientes com as amostras foram posteriormente colocados num frigorífico, onde ficaram armazenados durante 20-24 horas.



Figura 3.3 - Exemplo de uma amostra colocada no recipiente EZ-Driploss.

Passado esse tempo, os recipientes foram novamente pesados com a amostra e o exsudado, e de seguida apenas com o exsudado. Finalmente, a percentagem de exsudação foi obtida através da **Equação 1.3**.

Equação 1.3 - Cálculo da percentagem de exsudação, segundo o método EZ-DripLoss.

$$DripLoss (\%) = \frac{(W_i - W_c)}{(W_t - W_c)} * 100 \quad (3.3)$$

Onde, W_i é o peso do tubo com exsudado, W_c é o peso do tubo vazio e W_t é o peso do tubo com exsudado e a amostra de carne.

3.3.3 Cor da carne

Para a análise da cor da carne, foram fotografadas amostras da carne dos animais em amostra, devidamente identificadas. Das 180 amostras totais do estudo, apenas 143 foram analisadas. Isto deveu-se a problemas de calibração da cor branca, o que levou a que alguns valores não pudessem ser analisados, tendo este aspeto constituído uma grande limitação.

Para fotografar as amostras foi construída uma caixa em k-line (42cmX29,7cmX29,7cm), de forma a manter as mesmas condições de luz em todas a fotografias (**Figura 3.4**).



Figura 3.4 - Estrutura construída para fotografar as amostras de carne.

Na estrutura, foram cortadas duas aberturas laterais para inserir dois casquilhos com duas lâmpadas de temperatura 6500K, e ainda uma abertura no topo da caixa com o diâmetro da objetiva da câmara fotográfica utilizada (marca Sony, modelo *Cyber-shot DSC-HX200V*, lente zoom de 4,8-144mm e abertura de 2,8-5,6). Na parte frontal da estrutura, a construção de uma pequena porta permitiu inserir as amostras no centro da caixa. As fotos foram tiradas com um zoom de 1,9x, ISO 2000, F3,5 e +2,0 EV) (**Figura 3.5**).



Figura 3.5 - Exemplo da fotografia de uma amostra.

Para a conversão destas fotografias em valores de luminosidade (L^*) e coordenadas cromáticas a^* e b^* foi utilizada uma interface desenvolvida na FCT NOVA pelo Professor Mário Eusébio e pelo meu colega Shelbe Alexandre. A estratégia de caracterização utilizada foi a popularidade e a métrica de distância colorimétrica elegida foi a euclidiana RGB.

Na **Figura 3.6**, pode observar-se a forma como a interface delimita a amostra de carne fotografada (A1 e A2). De seguida, esta elege as cores com maior incidência na carne (B1 e B2) e calcula a cor final fazendo a média das cores mais comuns (C1 e C2). Na **Figura 3.6**, nas figuras D1, D2, E1, E2, F1 e F2, são apresentados os valores RGB da cor mais comum de cada amostra fotografada.

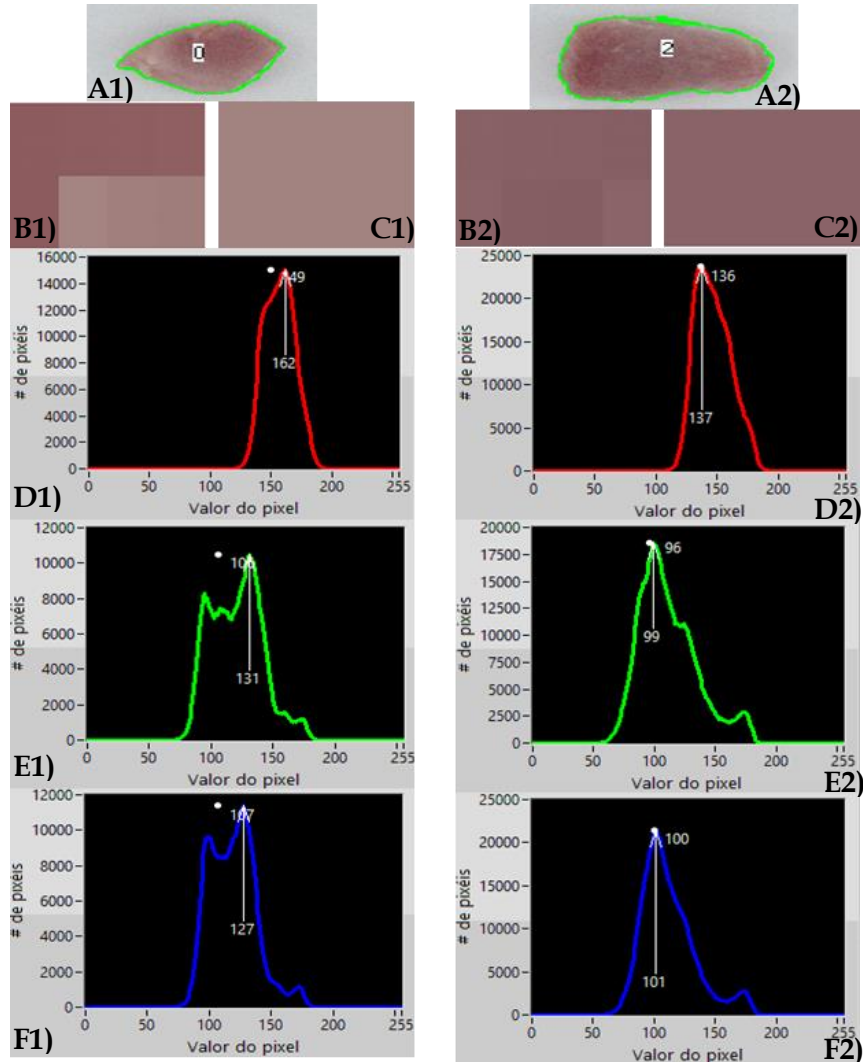


Figura 3.6 - Demonstração de como a interface chega a valores RGB, partindo da fotografia de cada amostra.

A1 e A2 - Área delimitada para a leitura de cor da interface; **B1 e B2** - Cores com maior incidência na carne; **C1 e C2** - Média das cores com maior incidência na carne; **D1 e D2** - Gráfico com a coordenada R da cor final da carne; **E1 e E2** - Gráfico com a coordenada G da cor final da carne; **F1 e F2** - Gráfico com a coordenada B da cor final da carne.

3.4 Tratamento estatístico

Todos os dados recolhidos foram compilados numa folha de Microsoft® Excel 2020.

Para o tratamento dos dados, usando o programa *Xrealstats* (*Real Statistics*), que funciona com uma extensão das funções do Microsoft® Excel 2020, efetuou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste de Grubbs (para verificar a existência de causas especiais), nos valores das variáveis pH inicial, pH final, percentagem de exsudação e luminosidade (L^*).

De seguida, foi elaborada uma análise estatística descritiva (mínimo, quartis, média, mediana, máximo e desvio padrão), o boxplot, e o histograma com a respetiva curva de normalidade das mesmas variáveis usando para o efeito o software *Minitab*. O mesmo software permitiu a construção de matrizes de correlação para poder aferir acerca das relações entre as variáveis da qualidade da carne e entre essas variáveis e os fatores relacionados ao bem-estar suíno.

Os fatores que se apresentavam como variáveis categóricas (exploração e género), foram agrupados em tabelas para cada uma das variáveis da qualidade da carne (pHu, exsudação e luminosidade (L^*)). Foi feita uma contagem dos animais, de cada exploração e de cada género, conforme estes tivessem valores acima ou abaixo do assumido como característica PSE para cada uma das variáveis da qualidade. De seguida, foi construída uma tabela com os valores expectáveis de forma a poder ser utilizado teste qui-quadrado, a fim de perceber se os fatores seriam significativos em cada uma das variáveis, com um intervalo de confiança de 95%.

Os fatores de variáveis contínuas foram agrupados em intervalos em tabelas de contingência de forma a ser mais facilmente perceptível como os intervalos de valores afetaram a qualidade final da carne. Os mesmos fatores foram colocados em 2 colunas para cada uma das variáveis (pHu \geq 5,5 e pHu $<$ 5,5, %Exsudação $>$ 3,5 e %Exsudação \leq 3,5, Luminosidade (L^*) $>$ 60 e Luminosidade (L^*) \leq 60). De seguida, foi feito o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para cada uma das colunas. Nos casos em que ambas as colunas seguiam uma distribuição normal, procedeu-se ao teste de *Barlet* para aferir acerca da homogeneidade das mesmas. Todas as distribuições normais foram simultaneamente homogêneas e, por isso, neste caso, utilizou-se o teste *t-student* (alfa=0,05%). Quando as distribuições não seguiam a normalidade, foi utilizado o teste não-paramétrico *Mann-Whitney* (alfa=0,05%).

Finalmente, tanto a Análise de Componentes Principais (PCA) como a Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS), foram realizadas utilizando a interface desenvolvida pelo meu colega Carlos Pires. A parte relacionada com os cálculos foi desenvolvida por si em *Python* e, para a parte gráfica, este recorreu ao Microsoft® Excel 2020 e ao *Visual Basic for Applications* (VBA). Para a obtenção dos gráficos dos valores próprios foi utilizado o software *Minitab*.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 pH inicial

Para este estudo, foram efetuadas 180 medições de pH inicial, uma para cada carcaça no músculo *longissimus dorsi* (*ld*).

Os valores de pH inicial medidos, apresentaram um valor médio (6,42) superior ao valor definido como indicativo de carnes com características PSE (6,2) (Tabela 4.1).

As medições não apresentaram uma distribuição normal (Figura 4.1). Além disso, podemos observar que existe uma grande diferença entre o valor máximo e o valor mínimo medido (Tabela 4.1; Figura 4.1), porém cerca de 85% das amostras apresentaram um valor de pH igual ou superior a 6,2 (Tabela 4.2).

Tabela 4.1 - Análise estatística descritiva dos valores de pH inicial no músculo longissimus dorsi.

	pH inicial
Mínimo	5,95
1° Quartil	6,25
Mediana	6,41
Média	6,42
3° Quartil	6,62
Máximo	6,94
Desvio Padrão	0,217

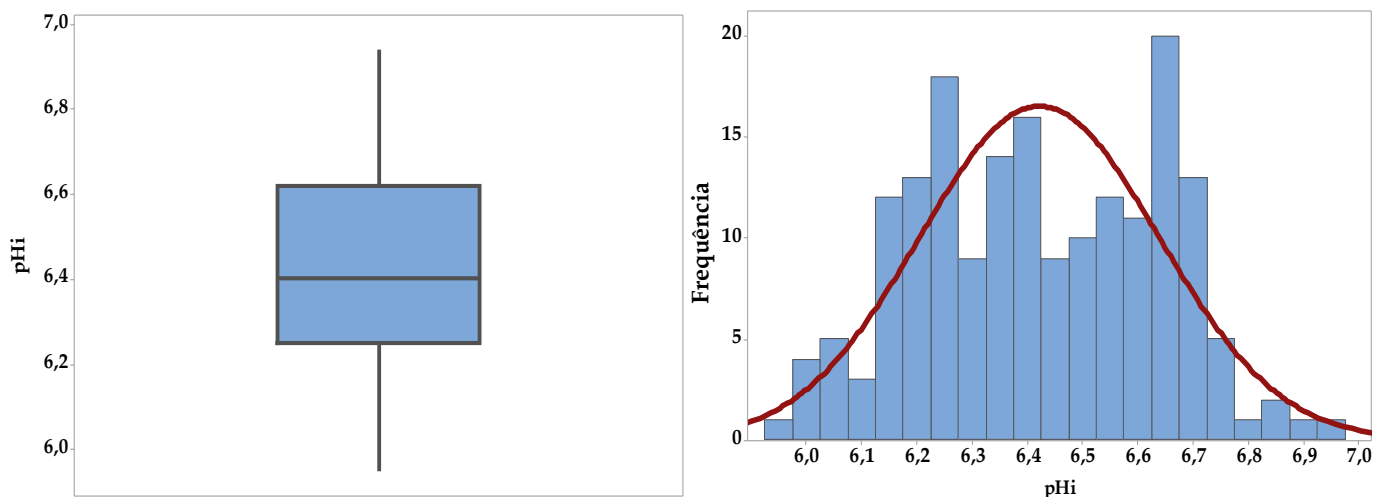


Figura 4.1 - Boxplot e histograma com curva de normalidade dos valores de pH inicial, medidos no músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 4.2 - Frequência absoluta e relativa dos valores de pH inicial no músculo *longissimus dorsi*.

pH inicial	n	%
≥ 6,2	153	85
< 6,2	27	15
TOTAL	180	100

4.2 pH final

À semelhança das medições feitas para o pH inicial, também para o pH final foram efetuadas 180 medições, no músculo *ld*, correspondentes ao número de animais amostrados.

Os valores de pH final medidos, apresentaram também um valor médio (5,59) ligeiramente superior ao valor definido como indicativo de carnes com características PSE (5,5) (**Tabela 4.3; Figura 4.2**). Uma vez mais, as medições não apresentaram uma distribuição normal (**Figura 4.2**).

Neste caso, o intervalo de valores foi menor, havendo uma frequência de $\text{pH} \geq 5,5$ de cerca de 72% (**Tabela 4.4**). Adicionalmente, obteve-se uma correlação positiva fraca entre o pH inicial e o pH final ($r=0,196$ e $p = 0,008$) (**Figura 4.3**). O facto de a correlação ser positiva, ainda que fraca, vai ao encontro do expectável dado que valores de pH final baixos tendem a originar carnes de suíno mais exsudativas.

Por fim, o pHu apresentou-se como um fator significativo na percentagem de exsudação ($p=9,48E-4$) e luminosidade (L^*) ($p=0,018$) da carne de suíno (**Tabela 4.9**).

Tabela 4.3 - Análise estatística descritiva dos valores de pH final no músculo *longissimus dorsi*.

	pH final
Mínimo	5,31
1º Quartil	5,47
Mediana	5,57
Média	5,59
3º Quartil	5,69
Máximo	5,93
Desvio Padrão	0,138

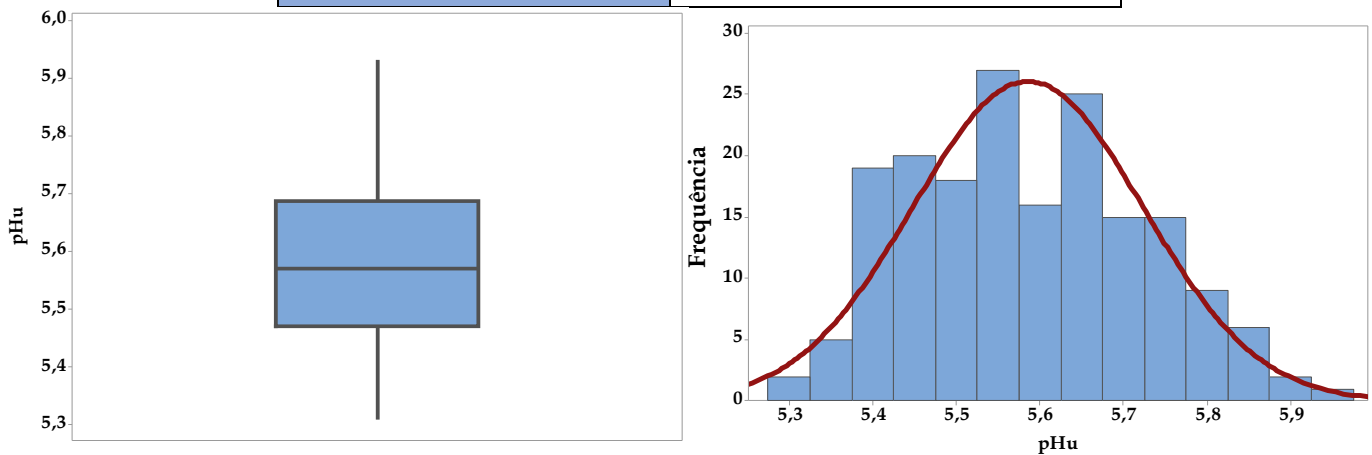


Figura 4.2 - Boxplot e histograma com curva de normalidade dos valores de pH final, medidos no músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 4.4 - Frequência absoluta e relativa dos valores de pH final no músculo *longissimus dorsi*.

pH final	n	%
≥ 5,5	129	72
< 5,5	51	28
TOTAL	180	100

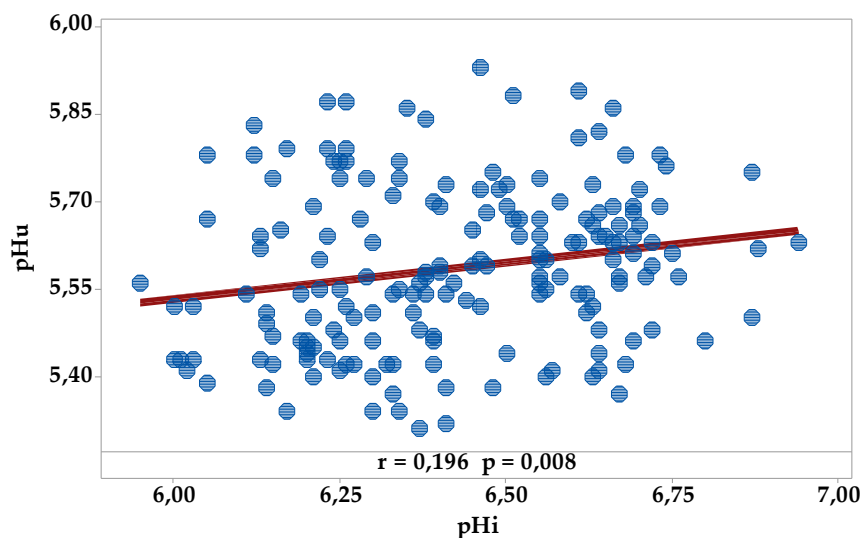


Figura 4.3 - Matriz de correlação entre o pH inicial e o pH final do músculo *longissimus dorsi*.

4.3 Percentagem de exsudação

Para este trabalho, foram também calculadas as percentagens de exsudação em amostras recolhidas do músculo *longissimus dorsi*, de todos os 180 animais em estudo.

A percentagem de exsudação apresentou um valor médio de 2,81%, inferior ao limite definido para carnes exsudativas (3,5%) (Tabela 4.5). Com exceção do valor máximo obtido de 13,28%, uma causa especial (*outlier*), todos os valores se encontram numa amplitude compreendida entre 0,44 e os 6,2% (Figura 4.4). Os valores das percentagens de exsudação não seguiram uma distribuição normal (Figura 4.4). Cerca de 31% das amostras recolhidas apresentaram valores de percentagem de exsudação acima dos aceitáveis e característicos de carnes do tipo PSE (Tabela 4.6). A correlação obtida, depois de retirado o *outlier*, entre o pH final e a percentagem de exsudação, foi fraca e negativa ($r=-0,369$ e $p=0$) (Figura 4.5). A percentagem de exsudação foi um fator significativo nos valores de pH final ($p=8,89E-5$) e luminosidade (L^*) ($p=0,0028$) (Tabela 4.9).

A fim de perceber a influência das variáveis na exsudação, procedeu-se à realização da Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS), tanto sem como com a luminosidade (L^*). Ainda que este método tenha apresentado algumas limitações como um coeficiente linear muito baixo (Figura A.1;Figura A.4) e um erro elevado (Figura A.2;Figura A.5), os seus resultados parecem demonstrar o esperado: valores de pH final mais baixos e carcaças mais claras levam a uma maior exsudação das carnes (Figura 4.6). Além disso, segundo este modelo, as variáveis tempo de espera e densidade animal na abegoaria são as que contribuem de forma mais significativa na exsudação (Figura A.3;Figura A.6). Quanto maior o tempo de espera, menor será a exsudação e quanto maior o espaço disponível aos animais na abegoaria, maior será a quantidade de exsudado.

Tabela 4.5 - Análise estatística descritiva dos valores da percentagem de exsudação no músculo *longissimus dorsi*.

	Exsudação (%) c/ outlier	Exudação (%) s/ outlier
Mínimo	0,44	0,44
1º Quartil	1,71	1,70
Mediana	2,80	2,80
Média	2,81	2,76
3º Quartil	3,63	3,62
Máximo	13,28	6,17
Desvio Padrão	1,481	1,259

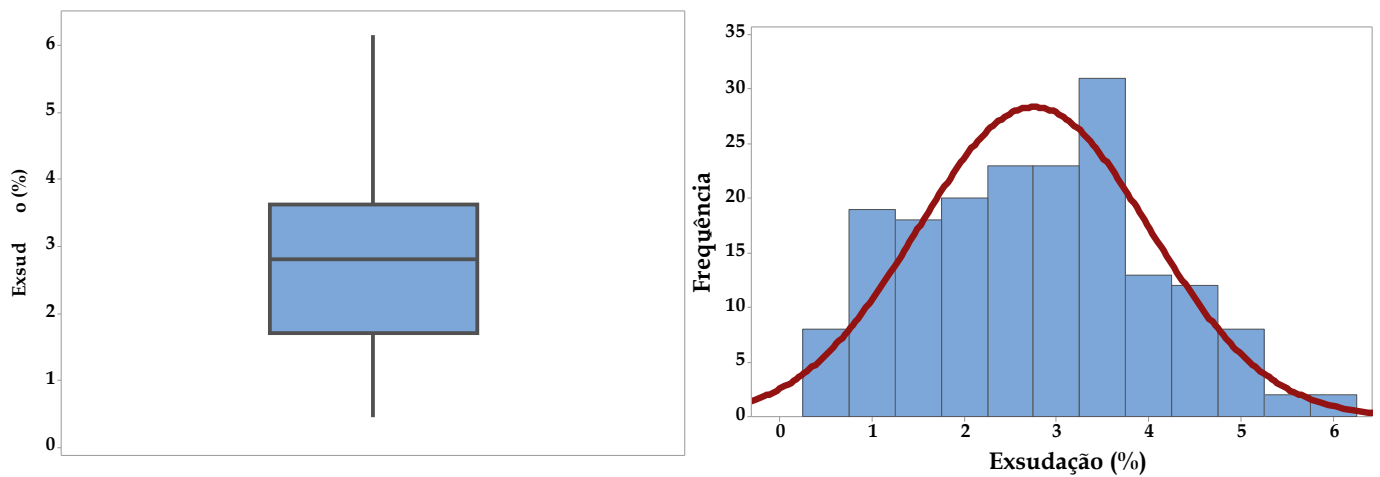


Figura 4.4 - Boxplot e histograma com curva de normalidade dos valores da porcentagem de exsudação, medidos no músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 4.6 - Frequência absoluta e relativa das porcentagens de exsudação no músculo *longissimus dorsi*.

Exsudação (%)	n	%
> 3,5	55	31
≤ 3,5	124	69
TOTAL	179	100

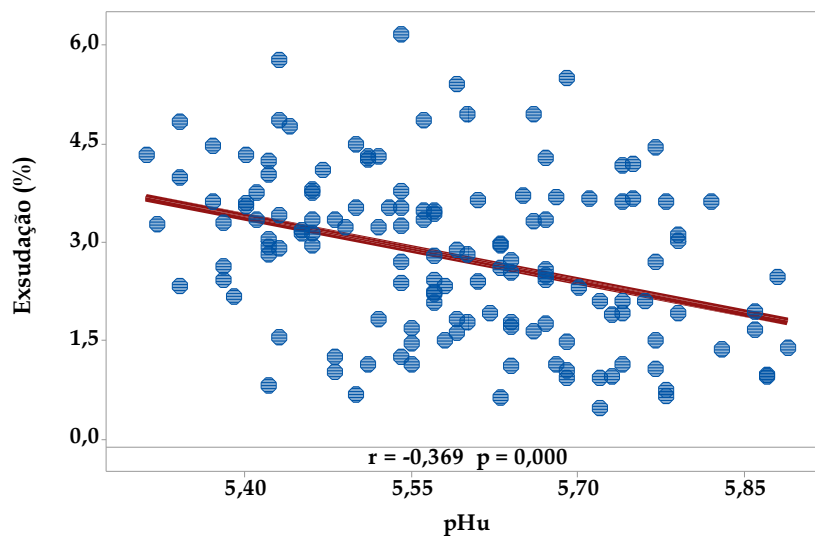


Figura 4.5 - Matriz de correlação entre o pH final e a porcentagem de exsudação, do músculo *longissimus dorsi*.

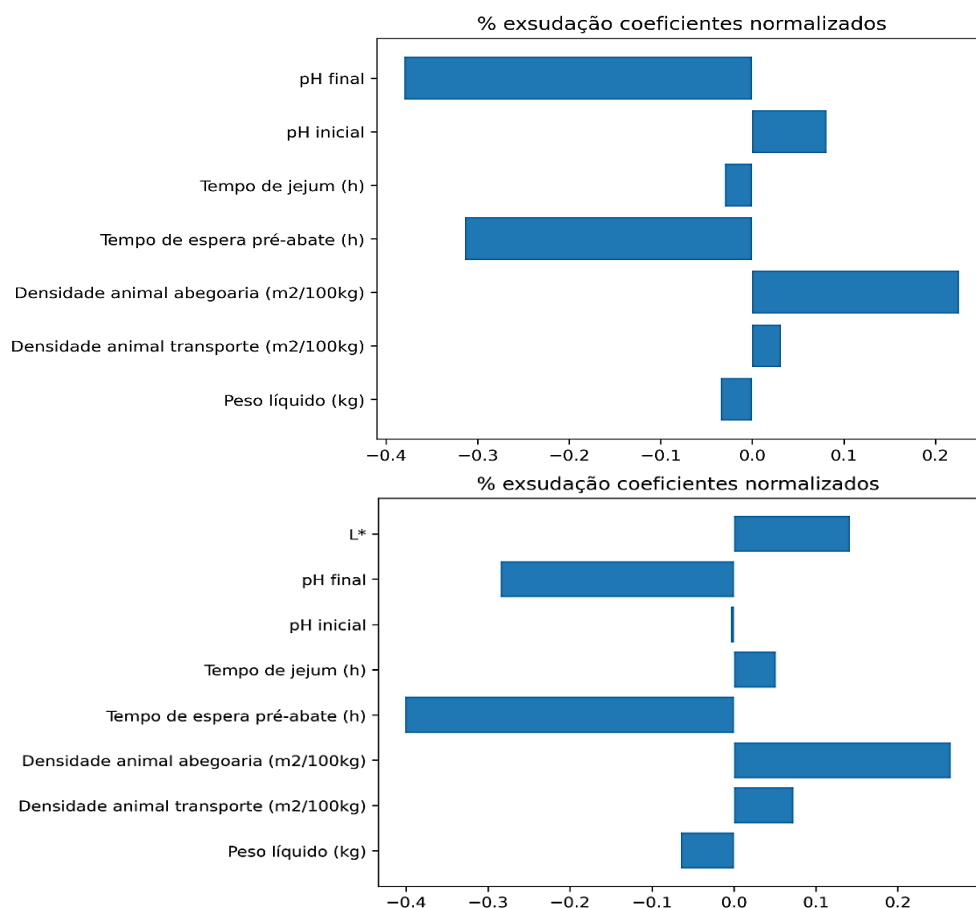


Figura 4.6 - Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS), em relação à variável percentagem de exsudação, sem e com a variável luminosidade (L*).

4.4 Cor da carne

Foram analisadas 143 das 180 amostras recolhidas ao longo do trabalho. Os valores obtidos, quer para a luminosidade (L*), como para as coordenadas cromáticas a* e b* encontram-se graficamente expostos na matriz CIELAB da **Figura 4.7**.

O valor de luminosidade (L*) teve um valor médio de 55,35, enquanto, para as coordenadas cromáticas a* e b*, se obtiveram valores médios de 15,92 e 5,76, respetivamente (**Tabela 4.7**).

Os valores do L* não se encontram normalmente distribuídos, a amplitude destes é elevada, porém, mais de 75% dos valores é inferior ao limite considerado de carnes PSE (L*>60) (**Figura 4.8**). Das amostras estudadas, apenas 12% apresentaram valores superiores a esse limite (**Tabela 4.8**).

A correlação entre o pH final e a luminosidade foi negativa e fraca ($r=-0,162$, $p=0,053$) e a correlação entre a percentagem de exsudação e o L* foi fraca e positiva ($r=0,224$, $p=0,007$) (**Figura 4.9**).

A luminosidade (L*) foi um fator significativo nos valores de pHu ($p=0,024$) mas não na percentagem de exsudação ($p=0,185$) (**Tabela 4.9**).

Os valores apresentados na **Tabela 4.9** comprovam bem o que é afirmado por Rubensam (2000) [15], de que o pH exerce uma influência, direta ou indireta, em características da qualidade da carne como a cor ou a capacidade de retenção de água da mesma.

Segundo Olegario et al., (2007) [70], queda do pH para valores muito baixos causam a desnaturação de diversas proteínas, algumas delas com uma ligação direta à capacidade de retenção de água, aspeto que justifica o facto do pH final ser um fator significativo na percentagem de exsudação. Esta informação é comprovada por Leman (1993) [58] e Lawrie (2006) [59], que demonstraram que uma queda rápida e acentuada do pH provoca o encolhimento das estruturas proteicas que estão relacionadas com a capacidade de retenção de água. Por sua vez, o facto de a percentagem de exsudação ser um fator significativo na cor da carne, é explicado por Zhang et. al., (2017) [14] que estabelece uma relação entre uma pior capacidade de retenção de água e carnes mais pálidas. Raimundo (2014) [19], refere ainda que a velocidade da queda do pH final e o seu valor final baixo apresentou uma influência significativa nos valores de luminosidade, algo que é comprovado pelos resultados obtidos neste estudo, ainda que não tenha sido obtida uma correlação forte entre o pH final e a luminosidade (L^*) (**Figura 4.9**).

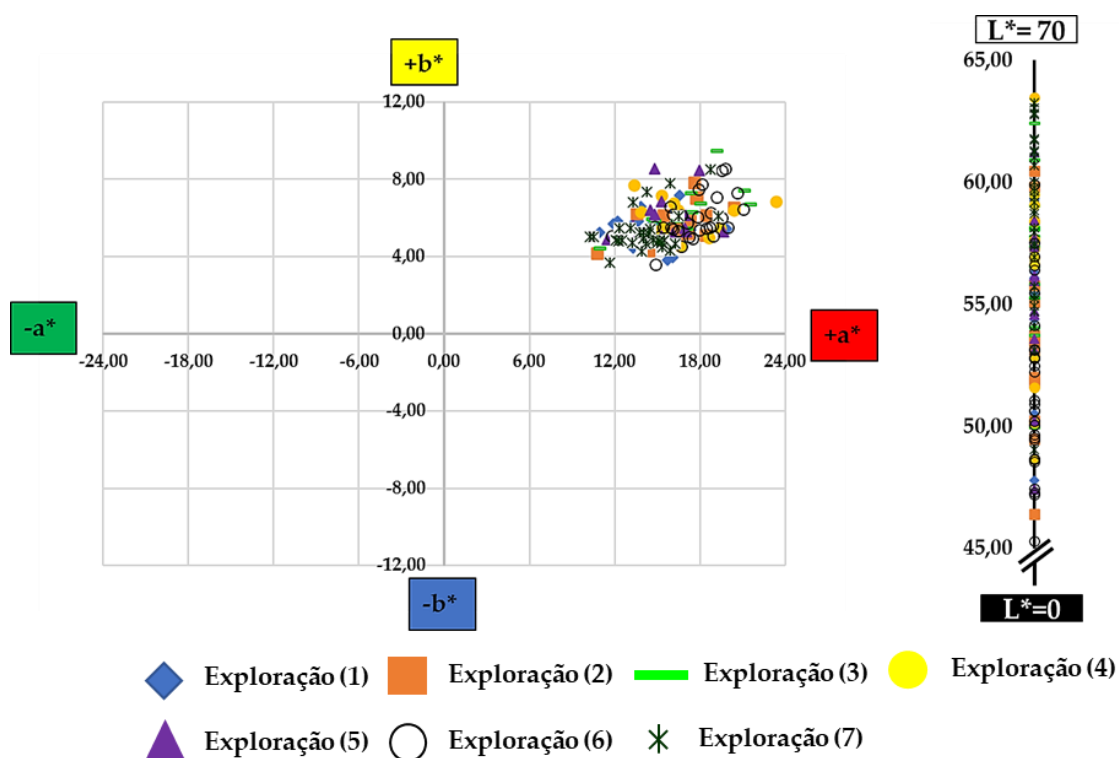


Figura 4.7 - Valores de luminosidade (L^*) e das coordenadas cromáticas a^* e b^* , de acordo com a matriz CIELAB.

Tabela 4.7 - Análise estatística descritiva dos valores da luminosidade (L*) e das coordenadas cromáticas a* e b*.

	L*	a*	b*
Mínimo	45,31	10,28	3,61
1º Quartil	52,79	14,28	5,04
Mediana	55,84	15,86	5,48
Média	55,35	15,92	5,76
3º Quartil	58,30	17,47	6,34
Máximo	63,46	23,35	9,51
Desvio Padrão	4,132	2,496	1,075

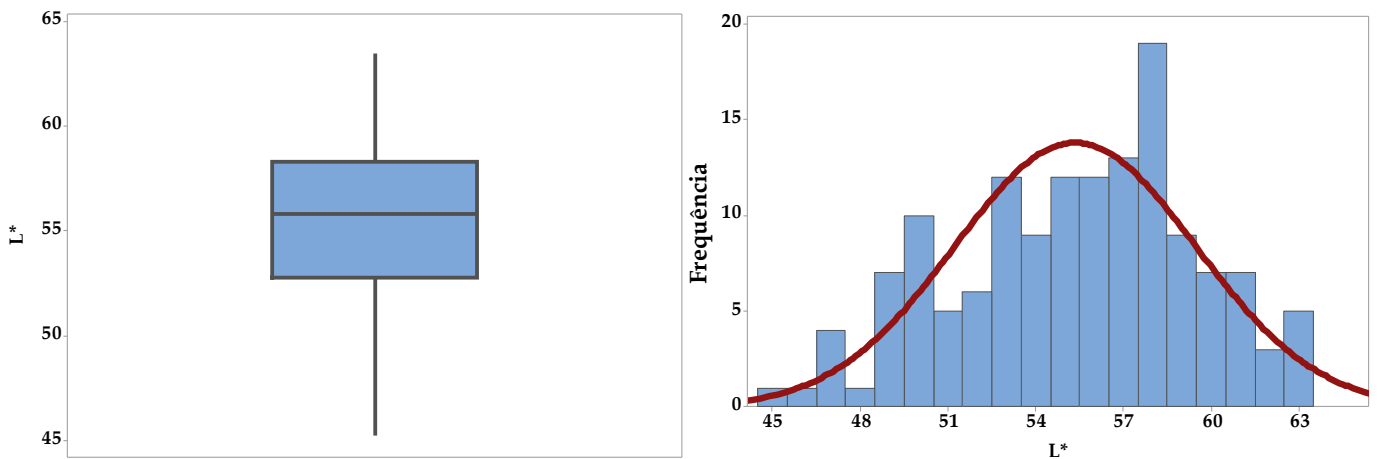


Figura 4.8 - Boxplot e histograma com curva de normalidade dos valores da luminosidade (L*), medidos no músculo *longissimus dorsi*.

Tabela 4.8 - Frequência absoluta e relativa dos valores de luminosidade (L*).

Luminosidade (L*)	n	%
> 60	17	12
≤ 60	126	88
TOTAL	143	100

Z

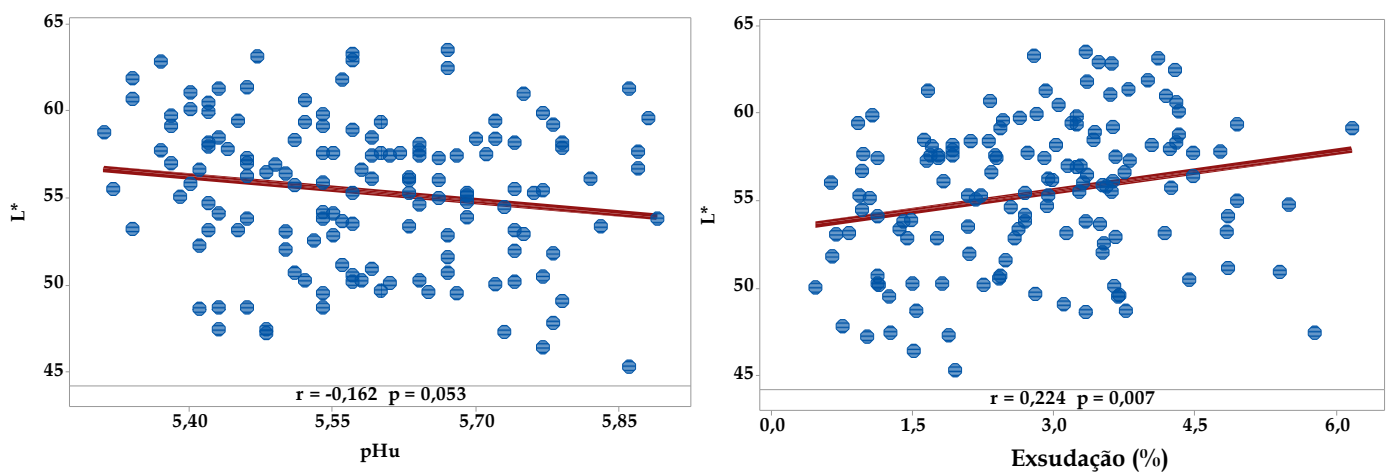


Figura 4.9 - Matrizes de correlação entre o pH final e a luminosidade (L*) e entre a percentagem de exsudação e a luminosidade (L*).

Tabela 4.9 - Tabela resumo com os fatores significativos das variáveis da qualidade final da carne.

Fatores da qualidade da carne	p-value		
	pH final	Exsudação (%)	Luminosidade (L*)
pH final		9,48E-4	0,018
Exsudação (%)	8,89E-5		2,83E-3
Luminosidade (L*)	0,024	0,185	

4.5 Exploração

Para este estudo, foram recolhidos animais de 7 explorações distintas, numeradas aleatoriamente de 1 a 7. As explorações 6 e 7 foram as que apresentaram percentagens de pH_u<5,5 maiores, 40% e 50%, respetivamente (**Tabela 4.10;Figura 4.10**). A exploração de proveniência dos animais foi um fator significativo no valor final de pH (p=0,017) (**Tabela 4.10**).

Em relação à exsudação, nos animais das explorações 3 e 7, foi onde se verificou uma maior percentagem de valores superiores a 3,5% (**Tabela 4.11;Figura 4.11**). Neste caso, o fator exploração não teve um efeito significativo nos valores de exsudação (p=0,814) (**Tabela 4.11**).

Os animais provenientes da exploração 7, foram os que apresentaram carnes mais claras do ponto de vista da luminosidade (L*), com cerca de 37% de suínos com um L*>60. Em todas as outras explorações se verificaram percentagens de L*<60 de cerca de 90% ou superior (**Tabela 4.12;Figura 4.12**). Também aqui, a exploração de origem dos suínos, mostrou um efeito significativo na cor da carne (p=5,05E-4) (**Tabela 4.12**).

Tabela 4.10 - Frequência absoluta e relativa do pH final em cada exploração.

Exploração	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
1	8	18	37	82	45	= 0,017
2	4	13	26	87	30	
3	3	20	12	80	15	
4	5	33	10	67	15	
5	4	27	11	73	15	
6	12	40	18	60	30	
7	15	50	15	50	30	

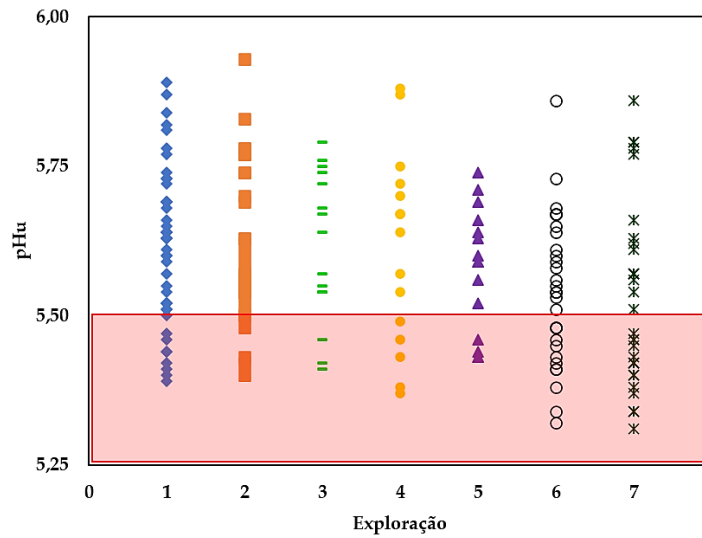


Figura 4.10 - Valores do pHu de cada exploração.

Tabela 4.11 - Frequência absoluta e relativa da porcentagem de exsudação em cada exploração.

Exploração	% Exsudação ≤ 3,5		% Exsudação > 3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
1	32	71	13	29	45	=0,814
2	23	77	7	23	30	
3	9	60	6	40	15	
4	11	73	4	27	15	
5	10	67	5	33	15	
6	21	72	8	28	29	
7	18	60	12	40	30	

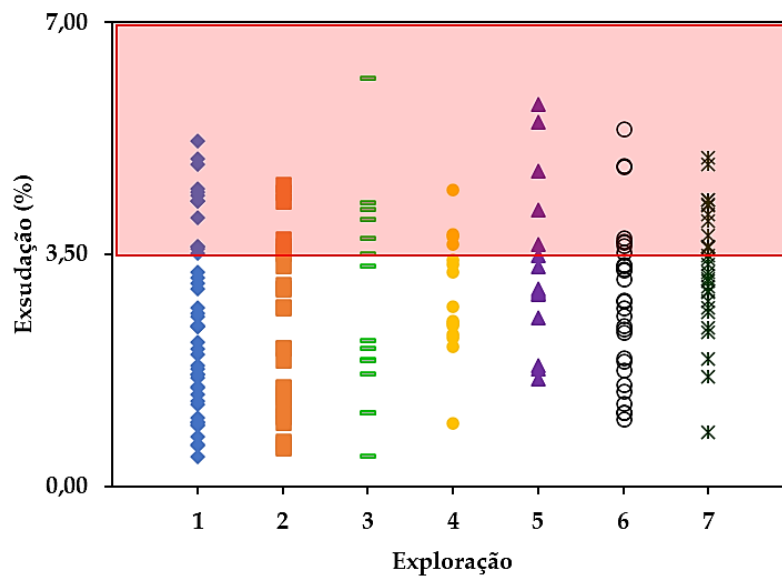


Figura 4.11 - Valores da porcentagem de exsudação de cada exploração.

Tabela 4.12 - Frequência absoluta e relativa da luminosidade (L*) em cada exploração.

Exploração	Luminosidade (L*) ≤ 60		Luminosidade (L*) > 60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
1	22	96	1	4	23	= 5,05E-4
2	14	93	1	7	15	
3	13	87	2	13	15	
4	14	93	1	7	15	
5	14	93	1	7	15	
6	30	100	0	0	30	
7	19	63	11	37	30	

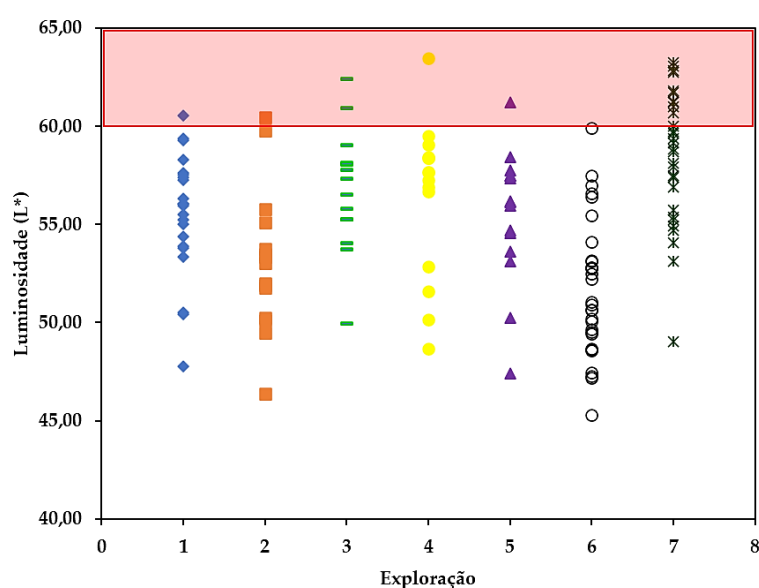


Figura 4.12 - Valores de luminosidade (L*) de cada exploração.

Quando estudados em simultâneo, o pH final e a percentagem de exsudação, constata-se que 12% das amostras se encontram na zona vermelha, ou seja, as duas variáveis apresentam valores característicos de carnes PSE. Além disso, uma vez mais, a exploração 7 representa cerca de 41% desses animais (Figura 4.13). Fazendo a mesma análise para as variáveis pH final e luminosidade (L*), obteve-se um valor de 6% de carnes PSE, onde cerca de 78% desses animais foram provenientes da exploração 7 (Figura 4.13). Também para a análise simultânea da percentagem de exsudação e luminosidade (L*), se obteve 6% de carnes com características PSE, onde 67% destes suínos eram pertencentes à exploração 7 (Figura 4.13).

Para a exploração 1, a correlação pHu e percentagem de exsudação apresentou uma correlação negativa e moderada ($r=-0,403$), a correlação entre o pHu e a luminosidade (L*) teve uma correlação também negativa, mas fraca ($r=0,332$) e, por fim, a correlação percentagem de exsudação e luminosidade (L*) teve uma correlação positiva fraca ($r=0,242$) (Figura B.1).

A exploração 2, apresentou uma correlação negativa moderada para a correlação pHu e exsudação ($r=-0,562$), uma correlação negativa fraca para a correlação pHu e luminosidade

(L*) ($r=-0,287$) e uma correlação positiva fraca para a correlação exsudação e luminosidade (L*) (**Figura B.2**).

Na exploração 3, obteve-se uma correlação moderada negativa entre o pHu e a exsudação ($r=-0,426$), uma correlação positiva e fraca entre o pHu e a luminosidade (L*) ($r=0,140$) e uma correlação moderada positiva entre a exsudação e a luminosidade (L*) ($r=0,592$) (**Figura B.3**).

Para a exploração 4, a correlação entre o pH final e a percentagem de exsudação foi negativa e moderada ($r=-0,608$) e as correlações obtidas para pHu/luminosidade (L*) ($r=0,033$) e exsudação/luminosidade (L*) ($r=-0,049$) foram desprezíveis (**Figura B.4**).

No caso da exploração 5, as correlações pHu/percentagem de exsudação e pHu/luminosidade (L*) foram desprezíveis e a correlação obtida entre a percentagem de exsudação e luminosidade (L*) foi negativa e fraca ($r=-0,382$) (**Figura B.5**).

A exploração 6 apresentou uma correlação fraca e negativa entre o pH final e a exsudação ($r=-0,274$), uma correlação negativa e moderada entre o pHu e a luminosidade (L*) ($r=-0,432$) e uma correlação fraca positiva entre a exsudação e a luminosidade (L*) ($r=0,123$) (**Figura B.6**).

Finalmente, para a exploração 7, para o pHu e exsudação obteve-se uma correlação negativa fraca ($r=-0,263$), para o pH final e luminosidade (L*) uma correlação negativa fraca ($r=-0,268$) e por fim, a correlação entre a percentagem de exsudação e luminosidade (L*) foi desprezível ($r=0,098$) (**Figura B.7**).

Pela análise de componentes principais 3D (PCA), em relação à exploração de origem dos animais, sem ter em conta os valores de luminosidade (L*), denota-se que os 3 principais componentes explicam 67% da variabilidade das amostras (**Figura B.8**). É ainda possível observar, que as explorações 1 e 2 se dividem em dois grupos diferentes, devido ao facto de as amostras dos animais destas explorações terem sido recolhidas em dias distintos (**Figura 4.14**). Através da PCA, podemos constatar que existem *clusters* de explorações como a 2 e 3 e entre as explorações 4,5 e 7 (**Figura 4.14**). Isto demonstra que o tratamento dos animais nestas explorações, foi de alguma forma semelhante, ainda que, os resultados referidos anteriormente mostrem carnes de pior qualidade na exploração 7. Por outro lado, esta análise, indica que a exploração 6 foi a que apresentou maiores diferenças do tratamento dos animais, em relação às restantes. Este aspeto poderá ter como explicação, o facto de esta exploração ser pertencente a um fornecedor diferente das outras, como se pode observar na **Figura 4.15**.

Pela **Figura 4.16**, podemos averiguar que a exsudação tem uma grande carga positiva no componente 2 e, por outro lado, o pH inicial e pH final têm uma carga bastante negativa no mesmo componente. O primeiro componente principal tem nas variáveis densidade animal no transporte, densidade animal na abegoaria, tempo de espera e tempo de jejum grande cargas positivas (**Figura 4.16**).

Adicionando a esta análise os valores de luminosidade (L*), os 3 principais componentes permitem explicar cerca de 65% da variância das amostras (**Figura B.9**). Aqui, uma vez mais, os animais da exploração 6 apresentam alguma forma de tratamento diferente dos suínos provenientes das restantes explorações estudadas (**Figura 4.17**), provavelmente devido ao facto

de pertencerem a um fornecedor distinto (**Figura 4.18**). Neste caso, verifica-se um grande *cluster* entre as explorações 1,4,5 e 7 e uma pequena sobreposição entre as explorações 2 e 3 (**Figura 4.17**). No segundo componente principal das cargas fatoriais com a variável luminosidade (L^*), o pH inicial e pH final apresentam cargas bastante positivas, enquanto que, a luminosidade e a exsudação apresentam cargas muito negativas (**Figura 4.19**). As variáveis tempo de jejum, tempo de espera e densidade animal no transporte têm grandes cargas positivas no primeiro componente principal (**Figura 4.19**).

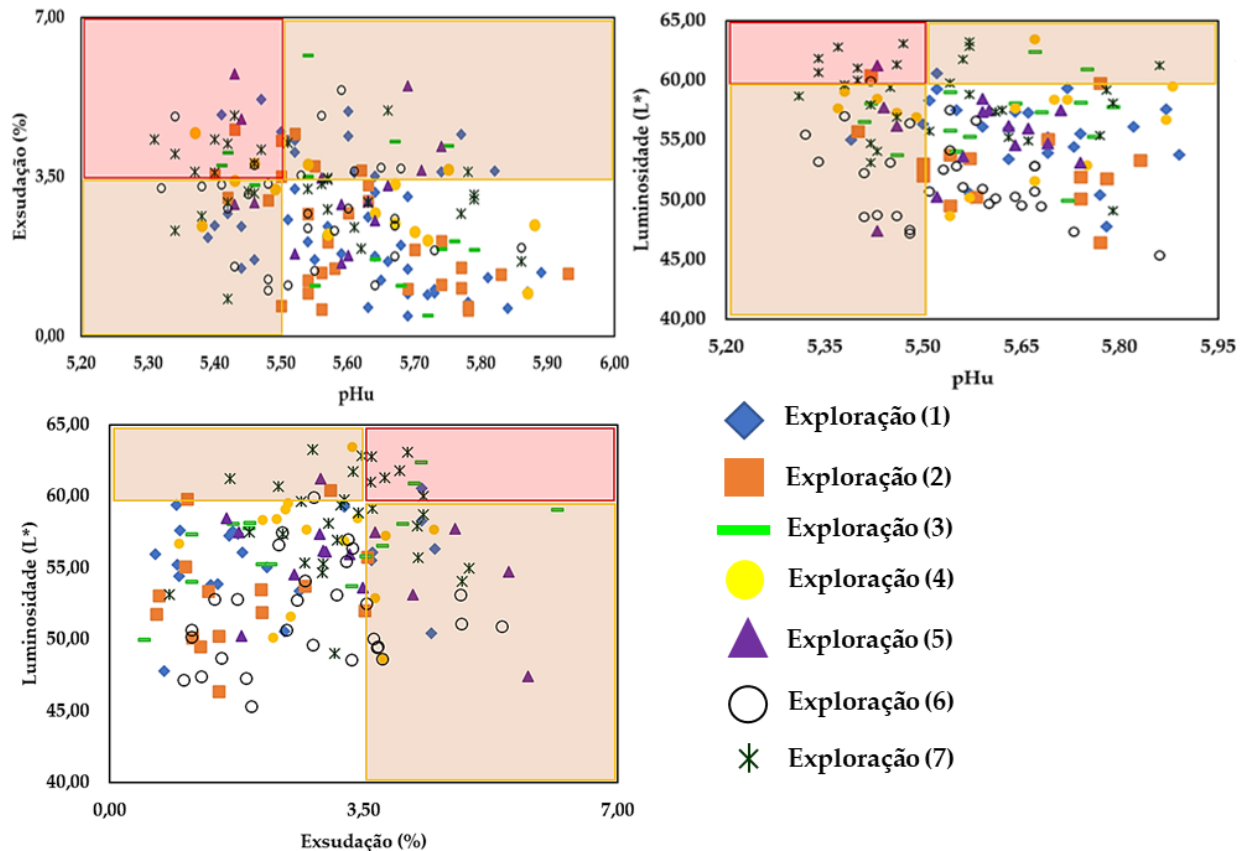


Figura 4.13 - Matriz do pH final e percentagem de exsudação, pH final e luminosidade (L^*) e percentagem de exsudação/luminosidade (L^*), com as respetivas explorações.

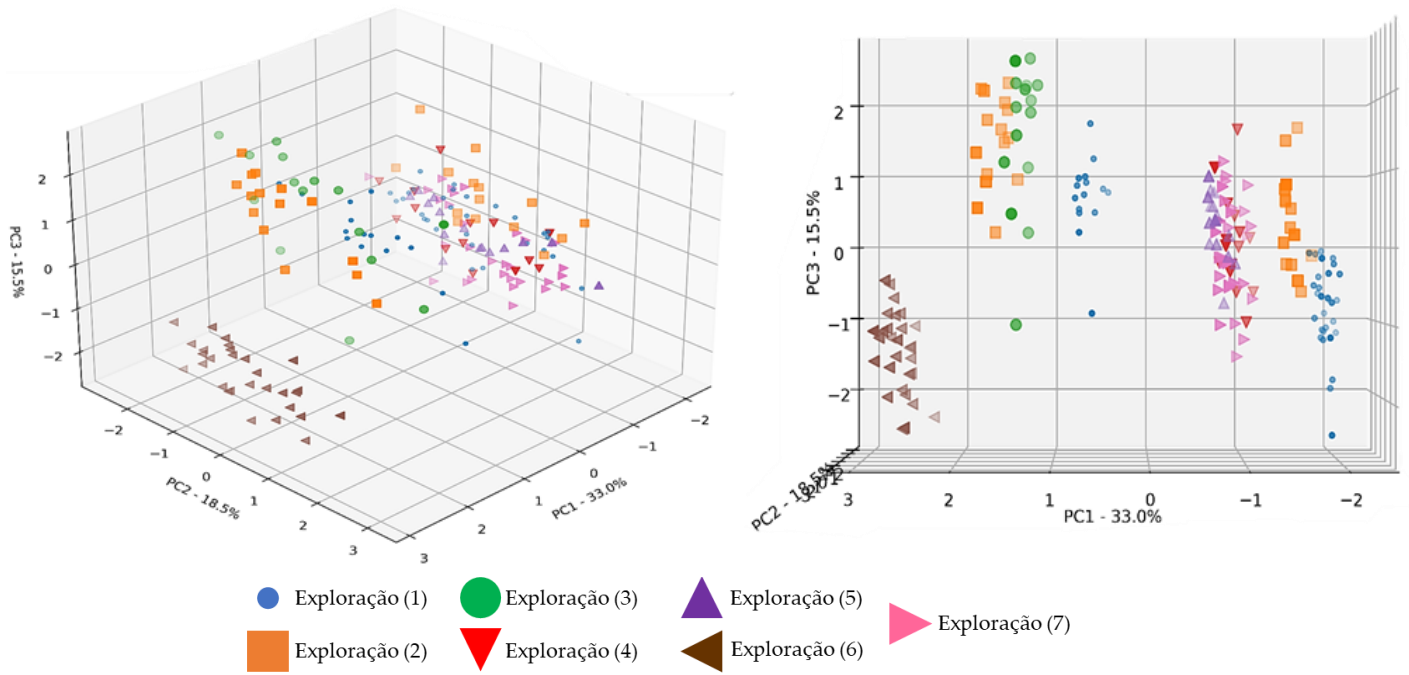


Figura 4.14 - Análise de componentes principais 3D (PCA), sem os valores de luminosidade (L^*), em relação à exploração de origem dos suínos.

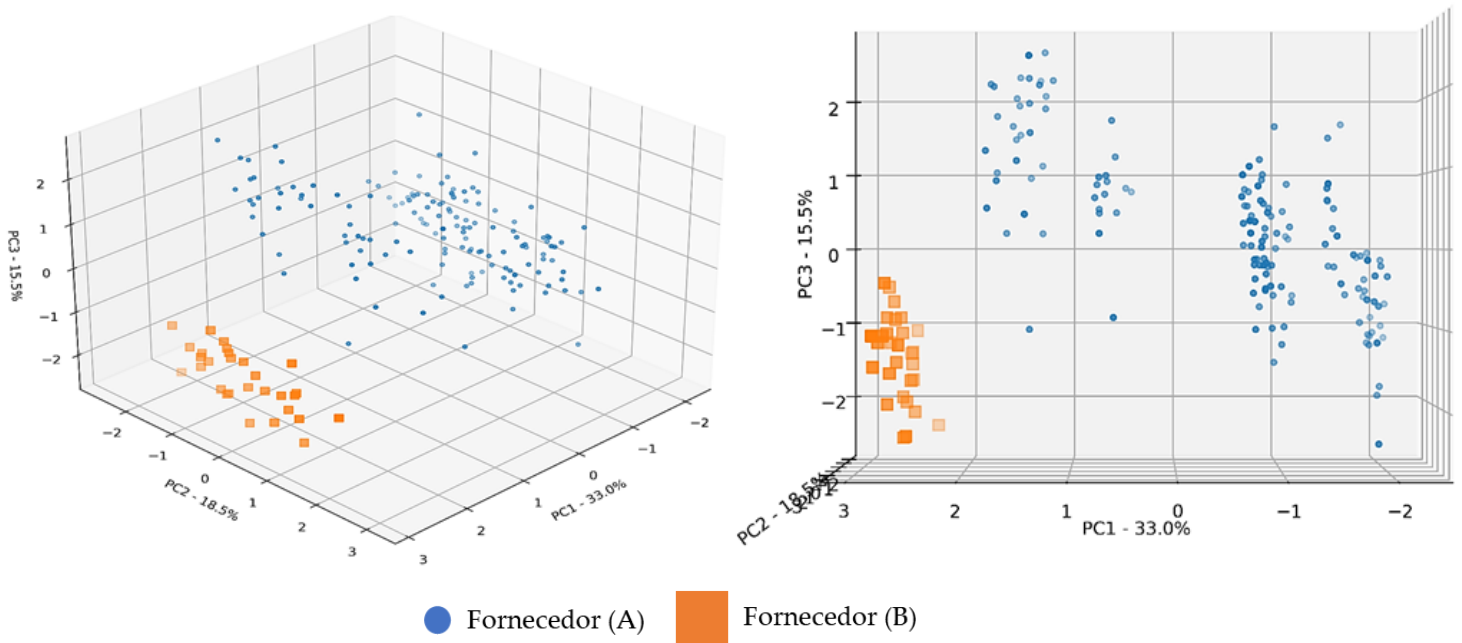


Figura 4.15 - Análise de componentes principais 3D (PCA), sem os valores de luminosidade (L^*), em relação ao fornecedor de origem dos suínos.

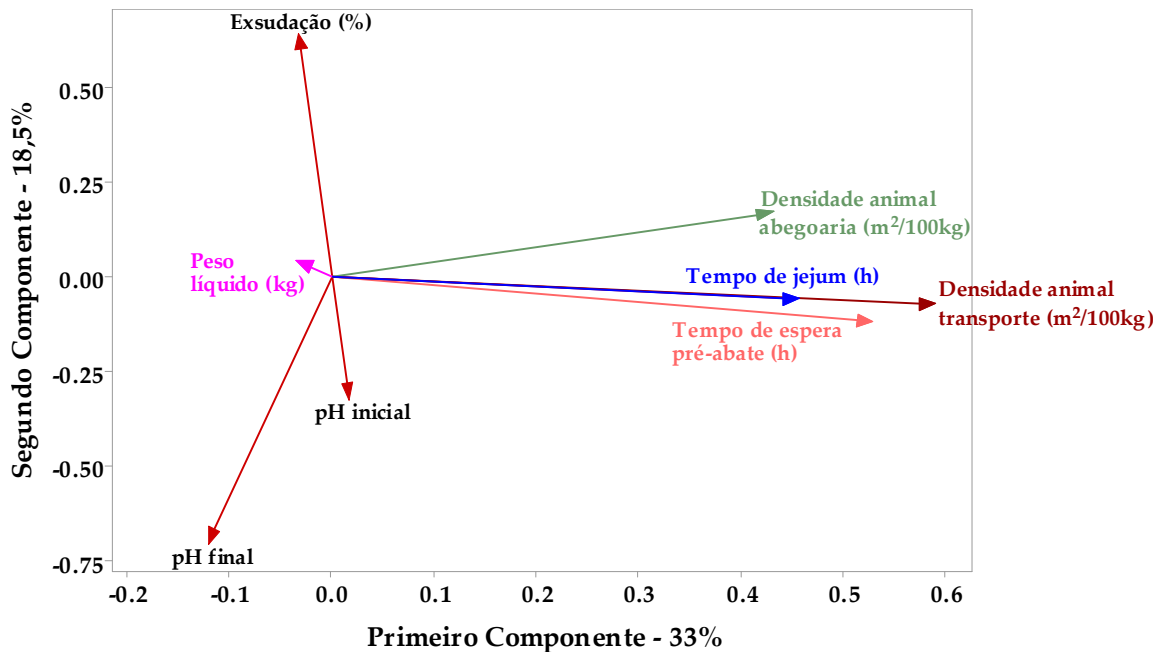


Figura 4.16 - Gráfico de valores próprios, sem a variável luminosidade (L*).

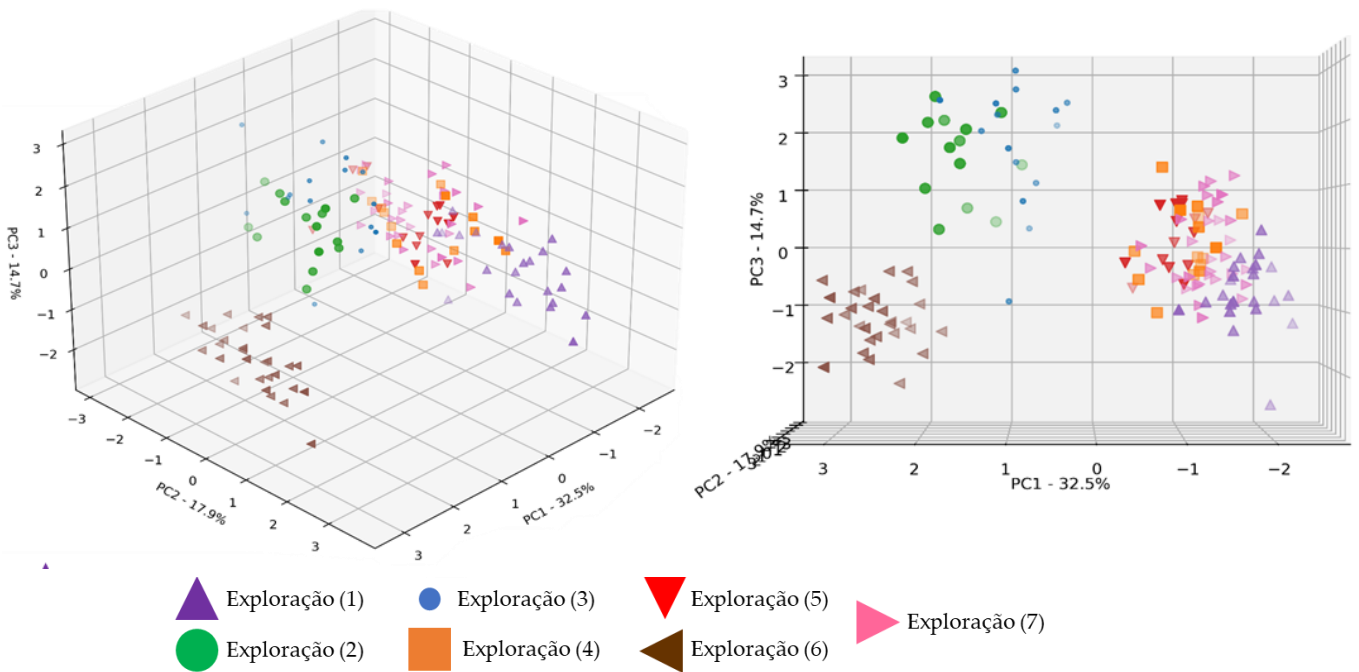


Figura 4.17 - Análise de componentes principais 3D (PCA), com os valores de luminosidade (L*), em relação à exploração de origem dos suínos.

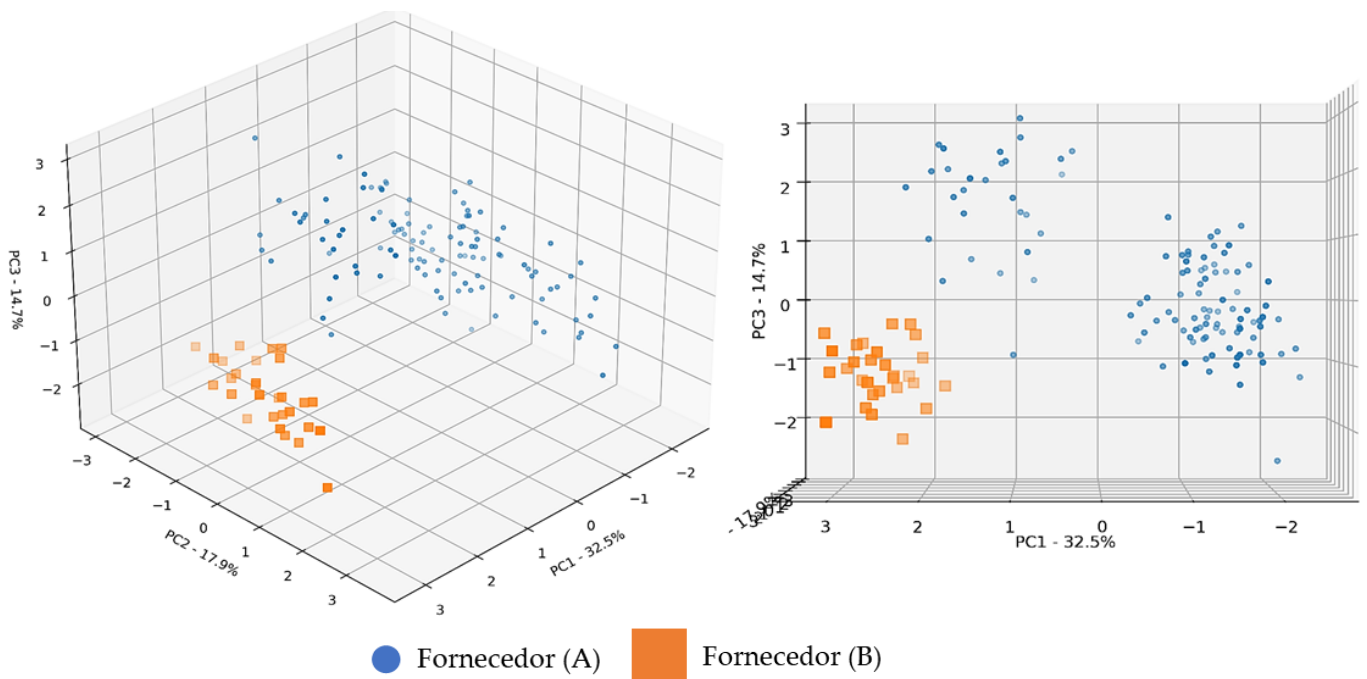


Figura 4.18 - Análise de componentes principais 3D (PCA), com os valores de luminosidade (L^*), em relação ao fornecedor de origem dos suínos.

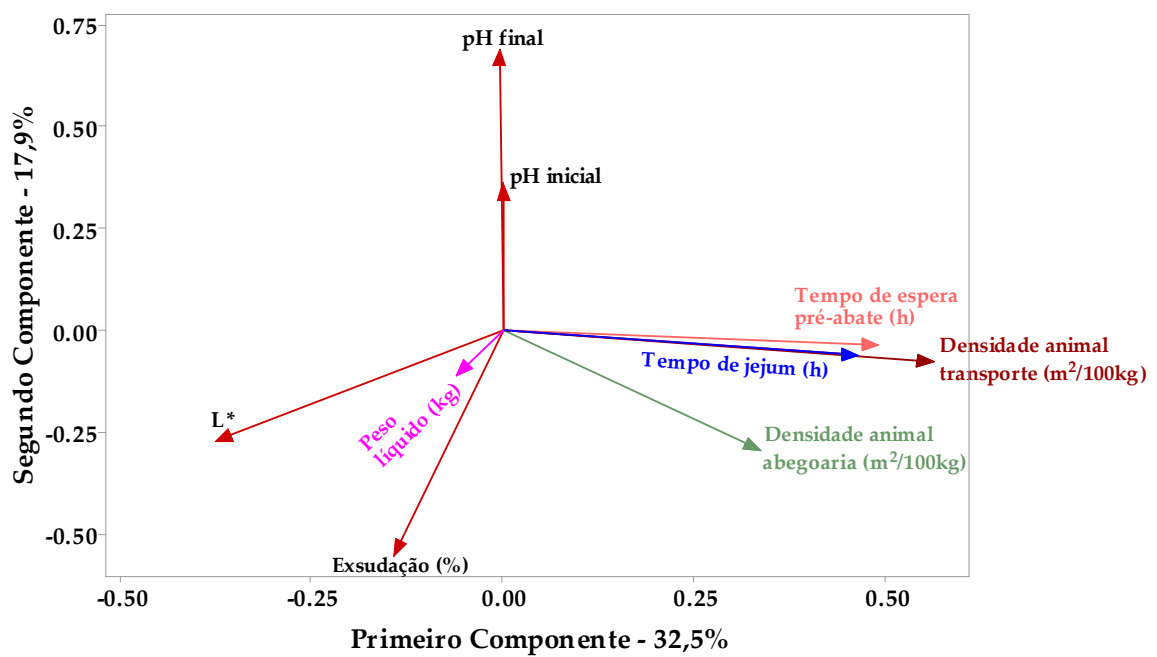


Figura 4.19 - Gráfico de valores próprios, com a variável luminosidade (L^*).

4.6 G nero

O g nero de animais não representou um fator significativo no valor de pH final ($p=0,649$) (**Tabela 4.13**). Tanto os suínos machos como as fêmeas, apresentaram a mesma percentagem (29%) de valores de pH final inferior ao desejado (5,5) (**Tabela 4.13;Figura 4.20**).

Também em rela o   percentagem de exsuda o, o g nero do animal não teve um efeito significativo ($p=0,128$) (**Tabela 4.14**). Este resultado vai ao encontro do defendido por Teixeira & Rodrigues (2013) [18], que não encontraram diferenças significativas na capacidade de reten o de água em rela o ao g nero dos suínos analisados. Ainda assim, o g nero macho foi o que apresentou maior percentagem de carne mais exsudativa com 37%, em compara o com os 29% das fêmeas e os 8% dos animais castrados (**Tabela 4.14;Figura 4.21**).

Para a luminosidade (L^*) todos os g neros apresentaram valores semelhantes no que diz respeito   percentagem de amostras com características PSE, não tendo tido este fator um efeito significativo nesta variável ($p=0,861$) (**Figura 4.15;Figura 4.22**). O facto de, ainda que de forma ligeira, a percentagem de animais castrados com carne menos clara tenha sido inferior, poderá ser justificado com as piores taxas de conversão de alimento características destes suínos. Este aspeto leva a uma maior acumula o de gordura intramuscular e conseqentemente a carne de cor mais escura neste animais [31][32]. Apesar disto,   importante referir que a percentagem de animais castrados em estudo foi bastante reduzida comparado com os suínos machos e fêmeas não castrados.

Raimundo (2014) [19], concluiu existir, nos machos não castrados carnes mais escuras, devido a uma maior concentra o de pigmentos totais (mioglobina e hemoglobina), face a suínos castrados.

Tabela 4.13 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes g neros dos animais em rela o ao pH final medido no músculo *longissimus dorsi*.

G�nero	pHu<5,5		pHu�5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
Macho	22	29	53	71	75	=0,649
Fêmea	27	29	66	71	93	
Castrado	2	17	10	83	12	

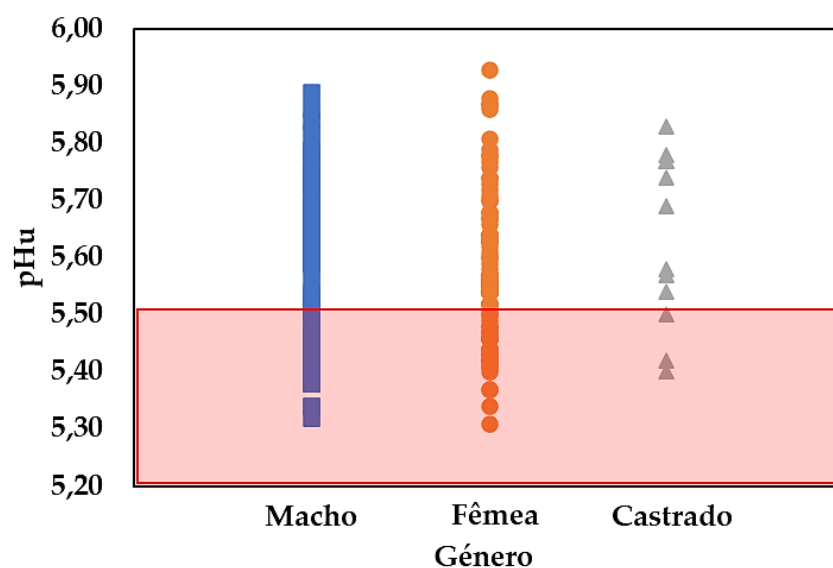


Figura 4.20 - Valores de pH final de cada gênero de animal.

Tabela 4.14 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes gêneros dos animais em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Gênero	% Exsudação ≤ 3,5		% Exsudação > 3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
Macho	47	64	27	36	74	=0,128
Fêmea	66	71	27	29	93	
Castrado	11	92	1	8	12	

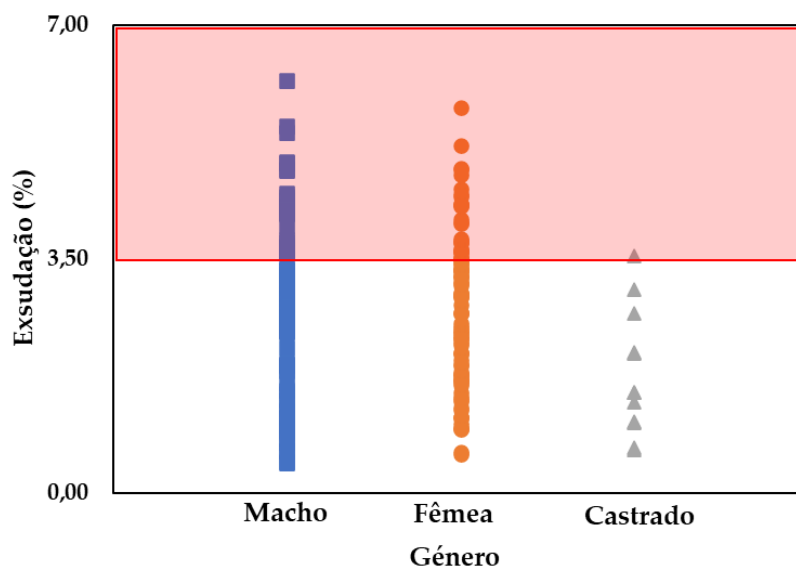


Figura 4.21 - Valores de percentagem de exsudação de cada gênero.

Tabela 4.15 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes gêneros dos animais em relação à luminosidade (L*).

Género	Luminosidade (L*) ≤ 60		Luminosidade (L*) > 60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
Macho	59	87	9	13	68	=0,861
Fêmea	56	89	7	11	63	
Castrado	11	92	1	8	12	

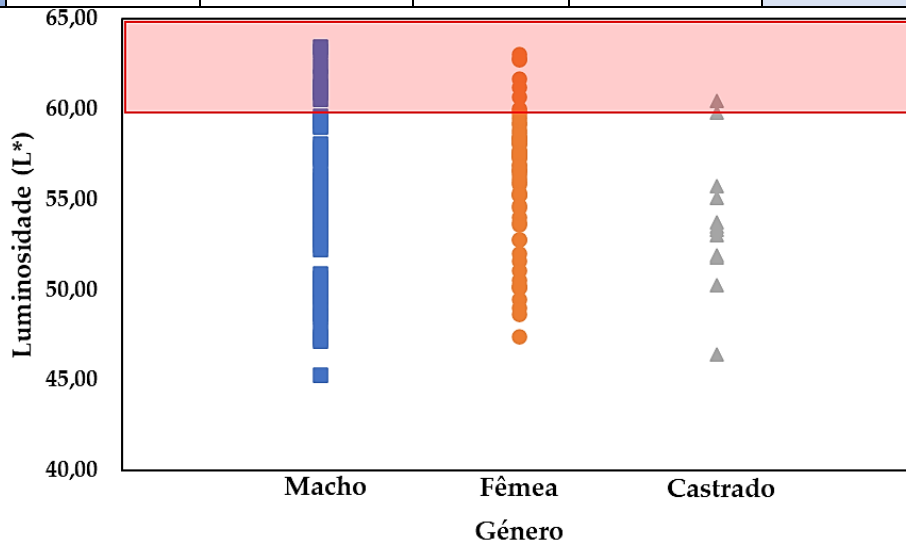


Figura 4.22 - Valores de luminosidade (L*) de cada género.

A matriz das variáveis pHu e percentagem de exsudação permite concluir que cerca de 12% das amostras apresentam características PSE, dado que se encontram nessas zonas para ambas as variáveis. O género fêmea representa cerca de 62% desses animais (Figura 4.23).

Em relação ao estudo do pHu e luminosidade (L*), 6% da amostra apresentou carne de características PSE, tendo cada um dos géneros macho e fêmea representado 44% destas carnes (Figura 4.23).

Finalmente, na análise em simultâneo da exsudação e luminosidade (L*), constatou-se que as carnes PSE perfizeram também uma percentagem de 6%. Neste caso, nenhum dos animais castrados apresentou estas características, sendo 67% pertencentes ao género macho e 33% ao género fêmea (Figura 4.23).

Para os suínos machos, as correlações obtidas entre os valores de pHu /exsudação e pHu e luminosidade (L*) foram fracas e negativas, $r=-0,220$ e $r=-0,163$, respetivamente. A correlação entre a percentagem de exsudação e luminosidade (L*) foi também fraca mais positiva ($r=0,157$) (Figura C.1).

Para os suínos fêmeas, obteve-se uma correlação moderada negativa entre o pHu e a exsudação ($r=-0,522$). As correlações obtidas para os valores de pH final/luminosidade (L*) e exsudação/luminosidade (L*) foram desprezíveis ($r=-0,083$ e $r=0,080$) (Figura C.2).

Em relação aos animais castrados, obteve uma correlação negativa e moderada entre o pH final e a percentagem de exsudação ($r=-0,662$). Além disso, as variáveis pHu e luminosidade (L*) apresentaram uma correlação negativa fraca ($r=-0,360$) e, finalmente, entre os valores de exsudação e luminosidade (L*) a correlação foi fraca e positiva ($r=0,311$) (Figura C.3).

Particularizando a variável gênero, a PCA 3D, sem e com os valores de luminosidade (L^*), aparentam não mostrar a existência de diferenças no tratamento dos animais com diferentes gêneros, tendo em conta que os pontos dos 2 gêneros (macho e fêmea) se apresentam relativamente misturados entre si (Figura 4.24;Figura 4.25). Contudo, os animais castrados aparentam formar um *cluster* (Figura 4.24;Figura 4.25).

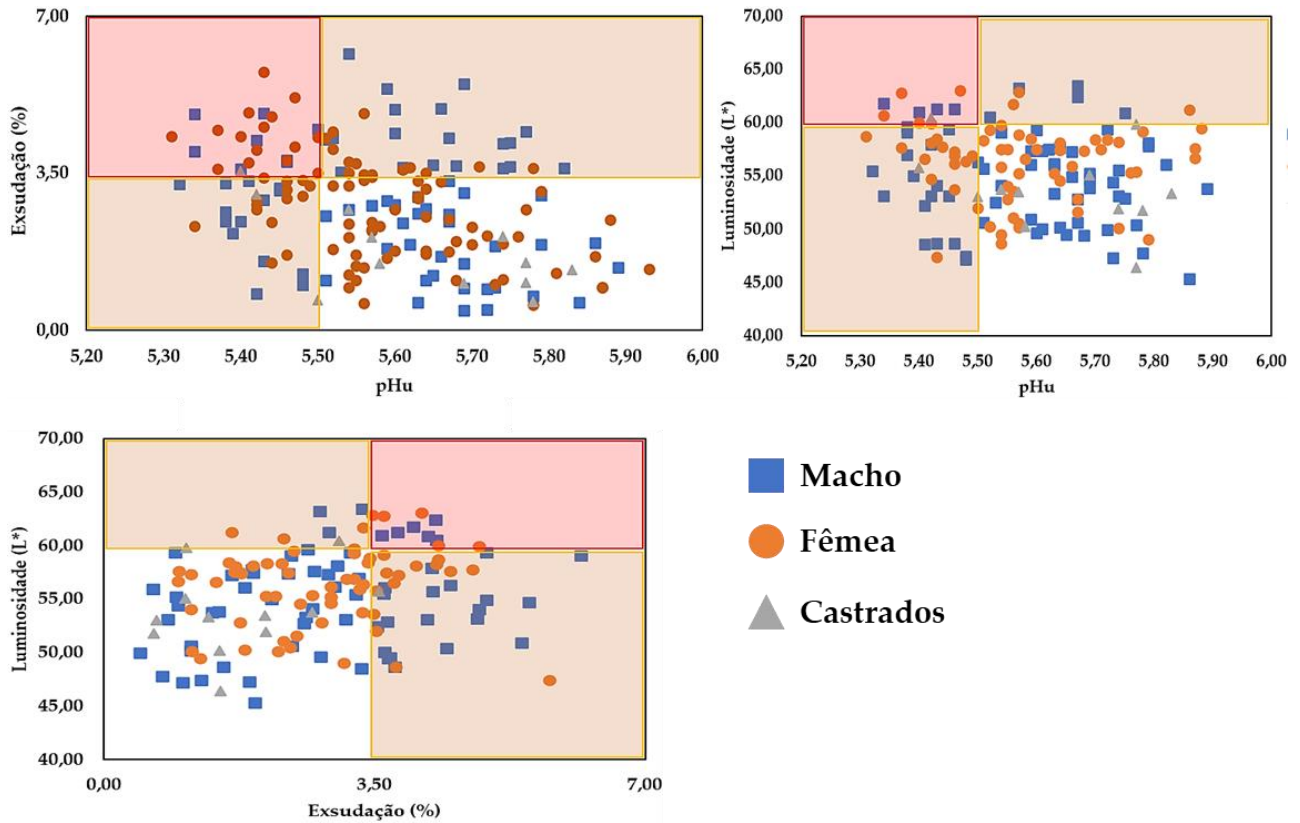


Figura 4.23 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, do pH final/luminosidade (L^*) e da percentagem de exsudação/luminosidade (L^*), com o gênero dos animais.

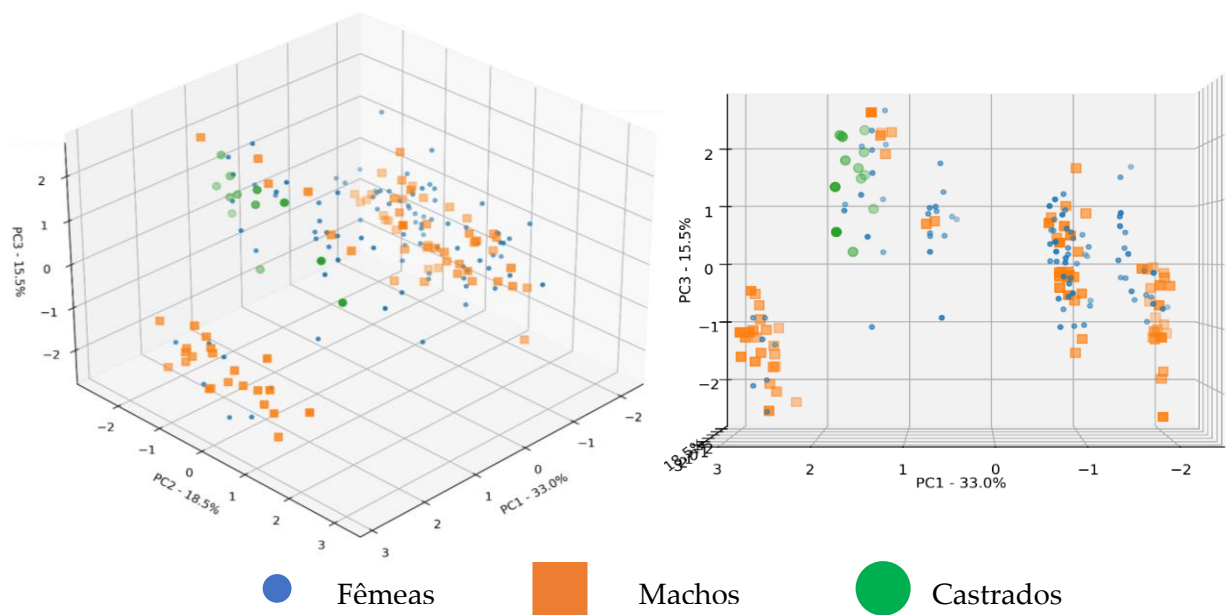


Figura 4.24 - Análise de componentes principais 3D (PCA), sem a variável luminosidade (L^*), em relação ao gênero dos suínos.

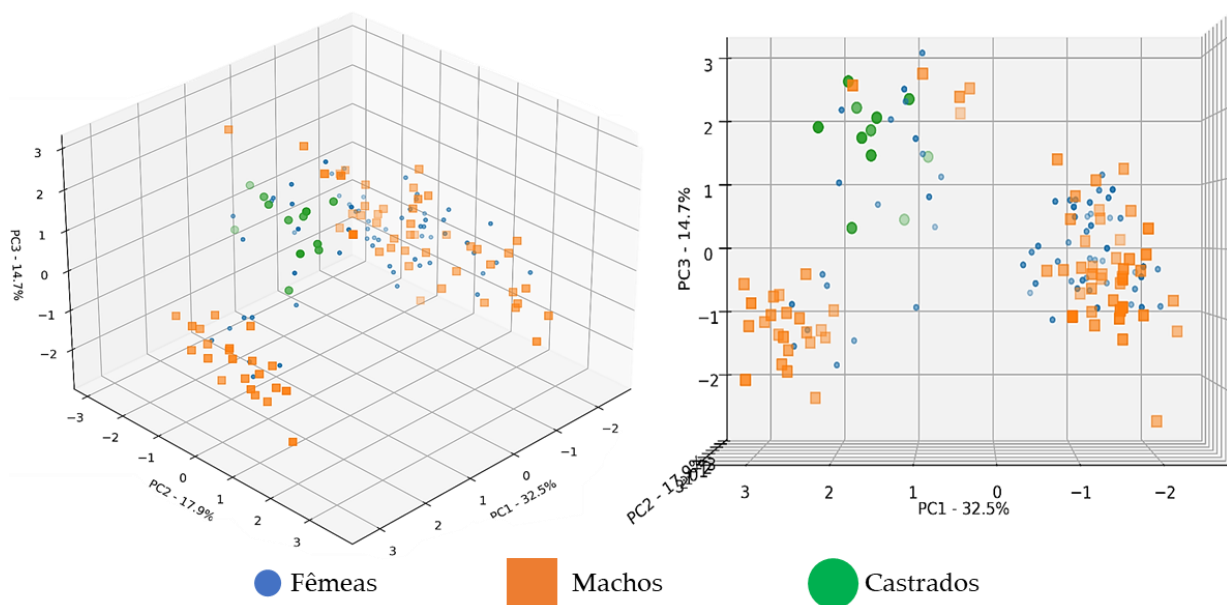


Figura 4.25 - Análise de componentes principais 3D (PCA), com a variável luminosidade (L^*), em relação ao gênero dos suínos.

4.7 Peso líquido das carcaças

As 180 carcaças dos animais apresentaram um peso médio de $80,06 \pm 8,243$ kg, tendo o valor mínimo correspondido a 61,45 kg e o valor máximo a 102,41 kg.

O peso líquido das carcaças não representou um fator significativo no valor final do pH ($p=0,074$). Cerca de 37% dos animais com o peso líquido entre os 80 e 90kg, apresentaram um pHu inferior a 5,5 (**Tabela 4.16; Figura 4.26**) e a correlação obtida entre o pHu e o peso líquido da carcaça foi desprezível ($r=-0,047$; $p=0,529$) (**Figura 4.26**).

Para a percentagem de exsudação, o peso líquido da carcaça, não foi um fator significativo na ocorrência de carnes PSE ($p=0,239$). Neste caso, os animais com um peso compreendido entre os 70 e os 80kg foram os que apresentaram carnes de menor qualidade para esta variável (35%) (**Tabela 4.17;Figura 4.27**). A correlação entre a percentagem de exsudação e o peso líquido da carcaça foi desprezível ($r=0,032$; $p=0,675$) (**Figura 4.27**).

Para a variável luminosidade (L^*), os diferentes intervalos de peso líquido da carcaça, apresentaram percentagens muito semelhantes de valores de L^* superiores a 60, não tendo sido este um fator significativo nesta variável ($p=0,408$) (**Tabela 4.18;Figura 4.28**). A correlação entre o L^* e o peso líquido da carcaça foi também desprezível ($r=-0,034$, $p=0,689$) (**Figura 4.28**).

Os resultados obtidos do peso líquido em relação ao pH final parecem ir ao encontro do sugerido por Lukic et al., (2012) [28], de que ainda que não tenha sido significativo, o efeito do peso da carcaça no pHu, foi muito próximo. Contudo, neste trabalho, apesar de os animais mais leves serem os que apresentaram maiores valores de pH final, não foram os que apresentaram melhores valores de capacidade de retenção de água, como reportado por Lukic et al., (2012) [28].

Os resultados parecem justificar o defendido por Piao et al., (2004) [29], que concluíram que a quantidade de exsudado diminuiu com o aumento do peso da carcaça. Ainda que a correlação obtida tenha sido desprezível (**Figura 4.27**), os intervalos de pesos parecem dar, de alguma forma, razão aos autores. Além disso, e como defendido por Piao et al., (2004) [29] este fator não tem qualquer efeito significativo na luminosidade da carne de suíno.

Magowan et al., (2011) [27], demonstraram que a quantidade de exsudado aumenta com o aumento do peso da carcaça, o que neste estudo não se verifica.

Tabela 4.16 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes pesos líquidos das carcaças em relação ao pH final medido no músculo *longissimus dorsi*.

Peso líquido da carcaça (kg)	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[60-70[1	5	18	95	19	=0,074
[70-80[	21	28	53	72	74
[80-90[	25	37	43	63	68
≥90	4	21	15	79	19	

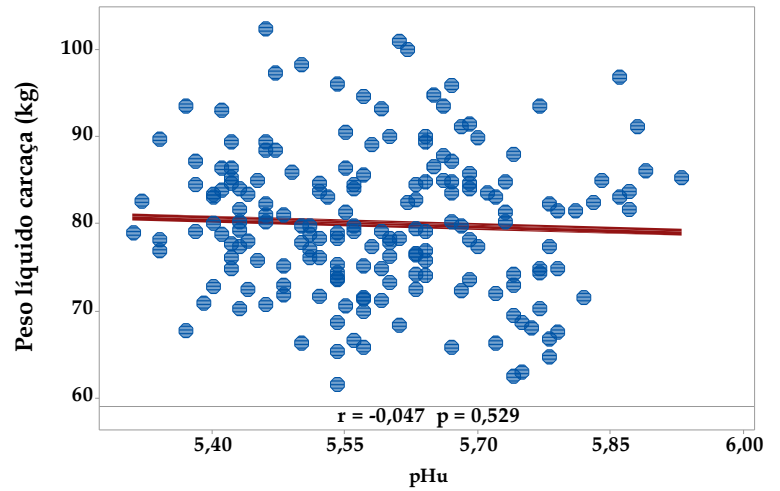
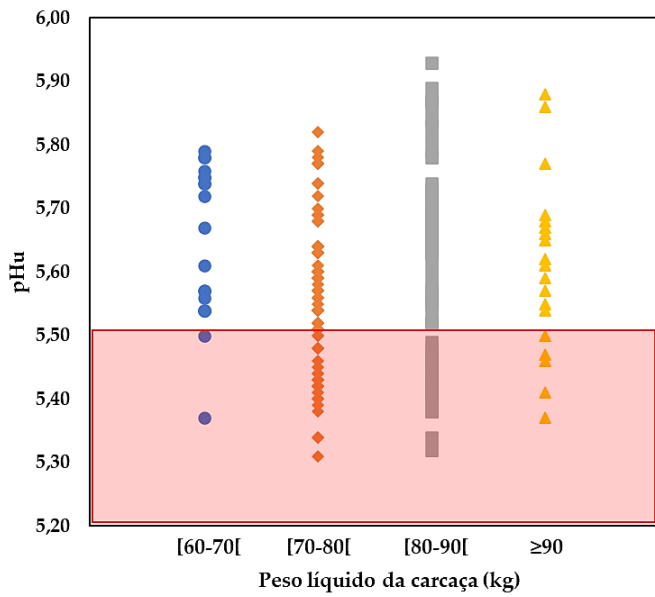


Figura 4.26 - Valores do pH final de cada peso líquido da carcaça (kg) e a matriz de correlação entre o pH final e o peso líquido da carcaça (kg).

Tabela 4.17 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes pesos líquidos das carcaças em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Peso líquido da carcaça (kg)	% Exsudação ≤ 3,5		% Exsudação > 3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[60-70[13	68	6		19	=0,239
[70-80[	48	65	26		74
[80-90[	50	74	18		68
≥90	13	72	5		18	

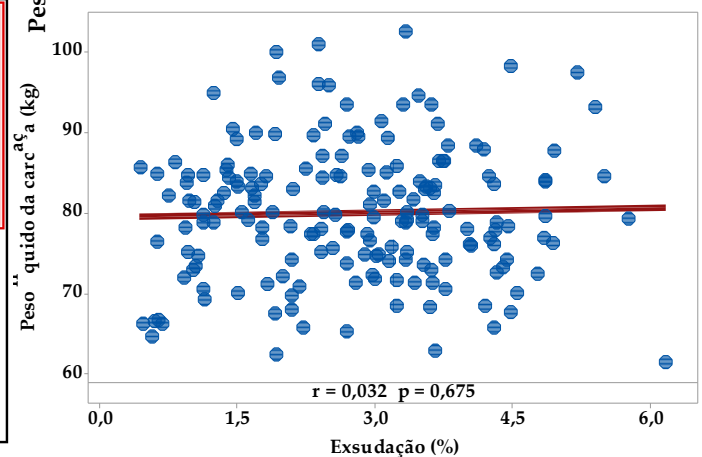
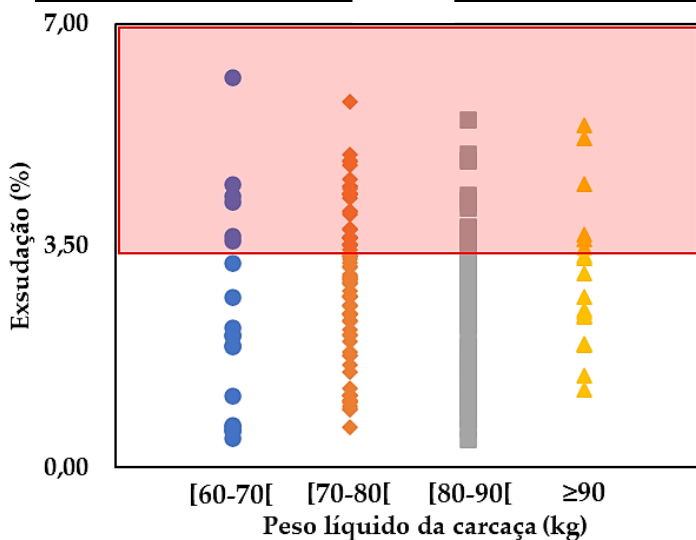


Figura 4.27 - Valores da percentagem de exsudação com o peso líquido da carcaça (kg) e a matriz de correlação entre a percentagem de exsudação e o peso líquido da carcaça (kg).

Tabela 4.18 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes pesos líquidos das carcaças em relação à luminosidade (L*).

Peso líquido da carcaça (kg)	Luminosidade (L*) ≤60		Luminosidade (L*) >60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[60-70[14	88	2	13	16	=0,408
[70-80[	50	89	6	11	56
[80-90[	48	87	7	13	55
≥90	14	88	2	13	16	

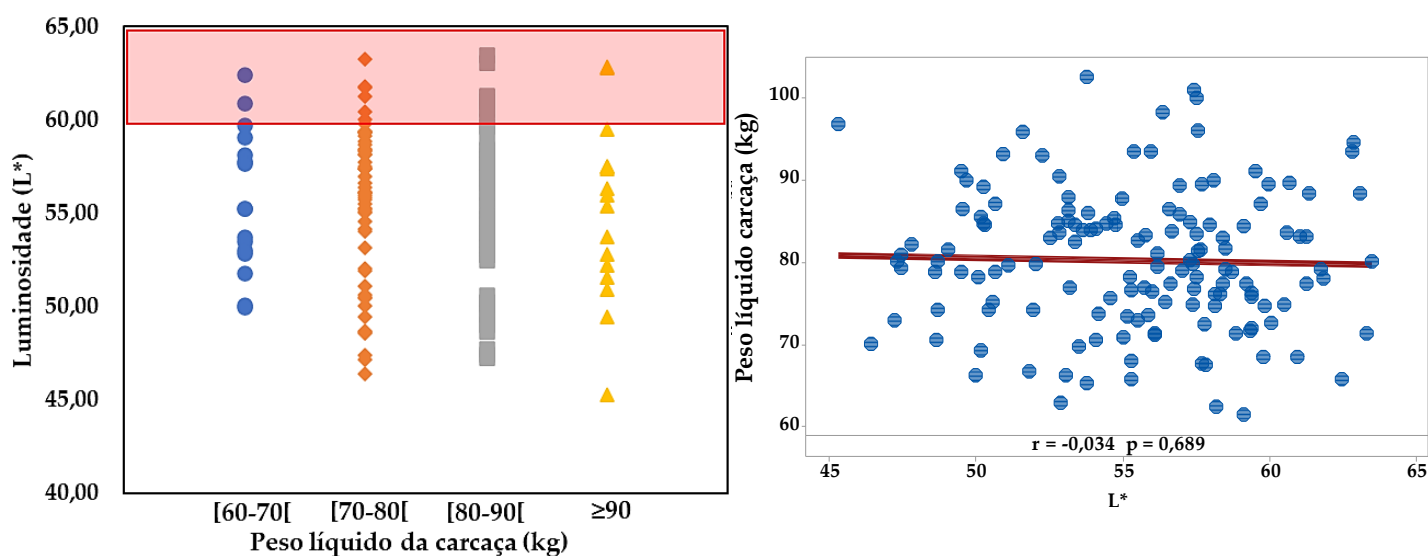


Figura 4.28 - Valores da luminosidade (L*) com os intervalos do peso líquido da carcaça (kg) e a correlação entre a luminosidade (L*) e o peso líquido da carcaça (kg).

Pela análise da matriz do pH final e exsudação (**Figura 4.29**), constata-se que dos 12% das amostras que se encontram na zona vermelha, os suínos no intervalo de pesos entre 70-80kg e 80-90kg representam cerca de 86% desses animais.

No estudo simultâneo entre o pH final e a luminosidade (L*) (**Figura 4.29**), uma vez mais, os intervalos compreendidos entre 70-80kg e 80-90kg, representam cerca de 88% dos animais que se encontram na zona de maior risco de carne PSE, para estas variáveis.

Da matriz de percentagem de exsudação e luminosidade (**Figura 4.29**), é possível observar que o intervalo de peso 80-90kg é novamente o mais representativo de carnes PSE, com cerca de 44% das carnes com essas características.

Aqui, os resultados não parecem seguir nem a ideia de que existe uma correlação positiva ou negativa do peso líquido da carcaça com as características da qualidade da carne, o que não respeita nenhuma da bibliografia mencionada.

Para os animais com um peso líquido entre os 60 e os 70kg, a correlação entre o pHu e a exsudação foi negativa e fraca ($r=-0,342$). O mesmo se verificou para a correlação entre o pH final e a luminosidade (L*) ($r=-0,154$). Entre a percentagem de exsudação e o L* a correlação foi positiva e forte ($r=0,720$) (**Figura D.1**).

No que diz respeito ao intervalo entre os 70-80kg, a correlação entre o pH final e a exsudação foi negativa e fraca ($r=-0,397$). As correlações entre o pH final/ L^* e a exsudação/ L^* foram desprezíveis, $r=-0,032$ e $r=0,032$, respectivamente (**Figura D.2**).

Para o intervalo de pesos líquidos entre 80-90kg, a correlação pHu/exsudação foi negativa e moderada ($r=-0,397$). A correlação entre pH final e luminosidade foi fraca e negativa ($r=-0,252$) e a correlação entre a percentagem exsudação e o L^* foi positiva e fraca ($r=0,310$) (**Figura D.3**).

Por fim, os animais com um peso líquido superior a 90kg, apresentaram correlações fracas e negativas entre o pH final/exsudação e pH final/ L^* , $r=-0,315$ e $r=-0,356$, respectivamente. A correlação entre a exsudação e a luminosidade (L^*) obtida foi desprezível ($r=0,054$) (**Figura D.4**).

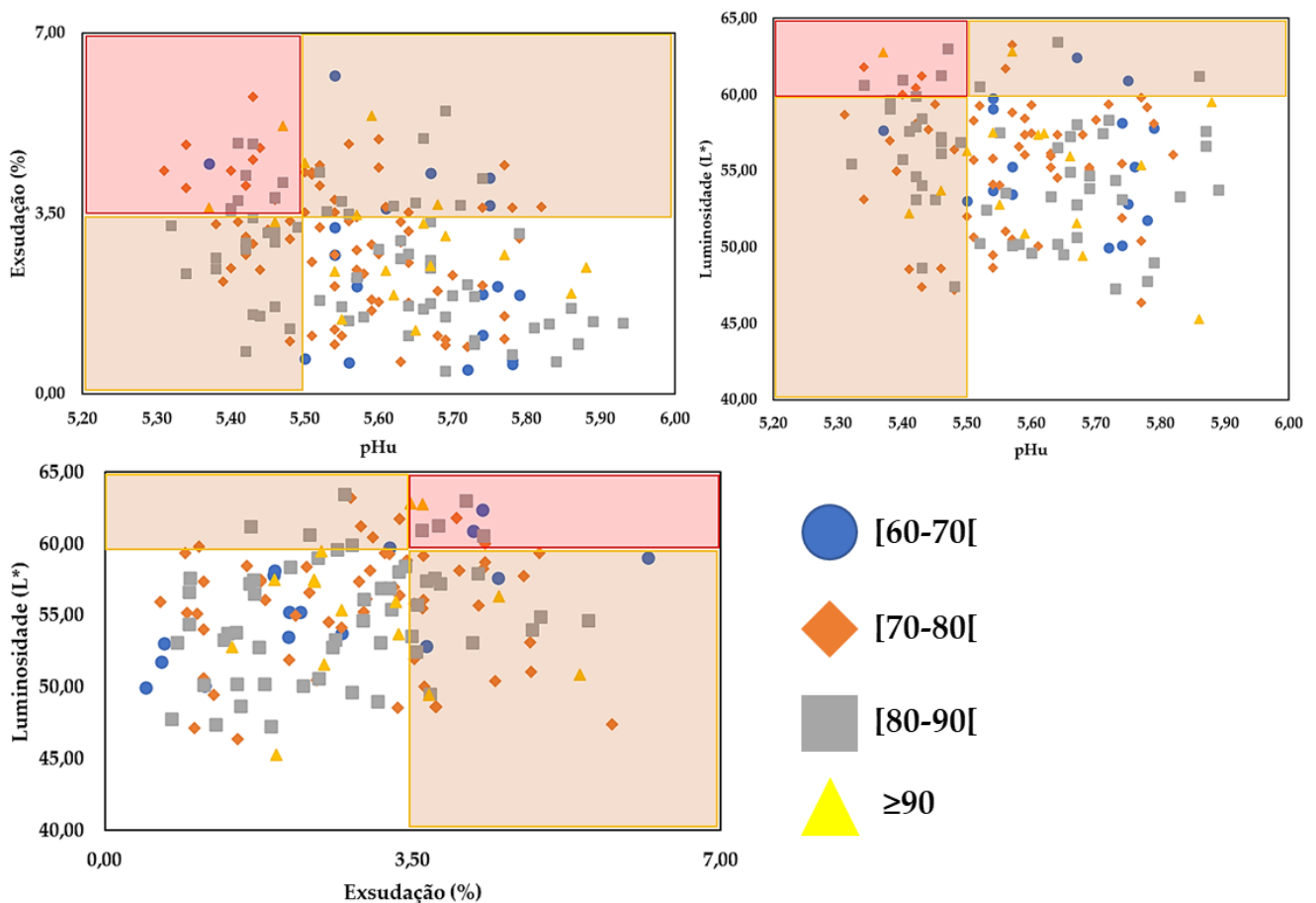


Figura 4.29 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, pH final/luminosidade (L^*) e percentagem de exsudação (%) /luminosidade (L^*), com o peso líquido das carcaças dos animais.

4.8 Densidade animal no transporte

Em relação à densidade animal no veículo de transporte, nenhum dos valores calculados se encontrava abaixo do regulamentado pela Comunidade Europeia [8]. A densidade média verificada foi de $0,44 \text{ m}^2/100\text{kg}$, tendo a densidade máxima sido de $0,42 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$ e a densidade mínima de $0,49 \text{ m}^2/100 \text{ kg}$.

Este fator, apresentou a mesma frequência relativa para os intervalos $[0,42-0,45]$ e $[0,45-0,5]$, em relação aos valores de pH final, não tendo constituído um efeito significativo neste

caso ($p=0,154$) (**Tabela 4.19**). A correlação entre este fator e o pHu foi negativa e fraca ($r=-0,111$; $p=0,137$) (**Figura 4.30**).

Quando comparado com valores limite de exsudação para carnes PSE, também o fator densidade animal no transporte não obteve qualquer efeito significativo ($p=0,235$) (**Tabela 4.20**). A correlação entre a percentagem de exsudação e a densidade animal no transporte foi desprezível ($r=-0,058$; $p=0,552$) (**Figura 4.31**).

A densidade animal no transporte representou um fator significativo na variável luminosidade (L^*) ($p=0,015$), cerca de 17% dos animais com menor espaço no veículo ($[0,42-0,45[m^2/100kg)$ apresentaram carnes com $L^*>60$ (**Tabela 4.21**). A correlação entre o L^* e a densidade animal no transporte foi moderada e negativa ($r=-0,492$; $p=0$) (**Figura 4.32**).

Ainda que, para os valores de pH final e exsudação, não tenha tido um efeito significativo, o facto de para a luminosidade o cenário ser o oposto, poderá ser explicado por uma falta de espaço para os animais no veículo. Segundo Tarrant (1989) [25], este défice de área leva, muitas vezes, ao aumento de stress e fadiga que originam carnes de qualidade inferior. Os resultados obtidos vão exatamente ao encontro de Warriss et al., (1998) [45], que defende que densidades a rondar os $0,45 m^2/100kg$ são ótimas ao nível do descanso dos animais no veículo. Apesar de na exsudação este não ter sido um fator significativo, as carnes com pior capacidade de retenção de água pertenciam a animais com densidades inferiores à mencionada pelo autor (**Tabela 4.20**). Na cor da carne, verificou-se o mesmo, tendo tido este fator, neste caso, um efeito significativo (**Tabela 4.21**).

Por outro lado, e apesar de os resultados obtidos neste estudo não seguirem esta ideia, alguns autores defendem que para viagens curtas, como as que ocorrem geralmente em território nacional, os valores de densidade animal regulamentados são superiores aos ótimos para os suínos [43]. Barton Gade & Christensen (1998) [42] concluíram que para viagens reduzidas, as densidades compreendidas entre os $0,42-0,5 m^2/100kg$, provocaram uma perturbação contínua e dificuldades em manter o balanço durante o transporte. Raimundo (2014) [19], acrescenta ainda que valores de densidade superiores a $0,45 m^2/100kg$ são incitadores de lutas entre suínos e que para viagens até 3 horas densidades entre $0,36-0,39 m^2/100kg$.

Tabela 4.19 - Frequência absoluta e relativa das diferentes densidades animais no transporte em relação ao pH final medido no músculo *longissimus dorsi*.

Densidade animal no transporte ($m^2/100kg_{animal}$)	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0,42-0,45[	34	28	86	72	120	=0,154
[0,45-0,5]	17	28	43	72	60	

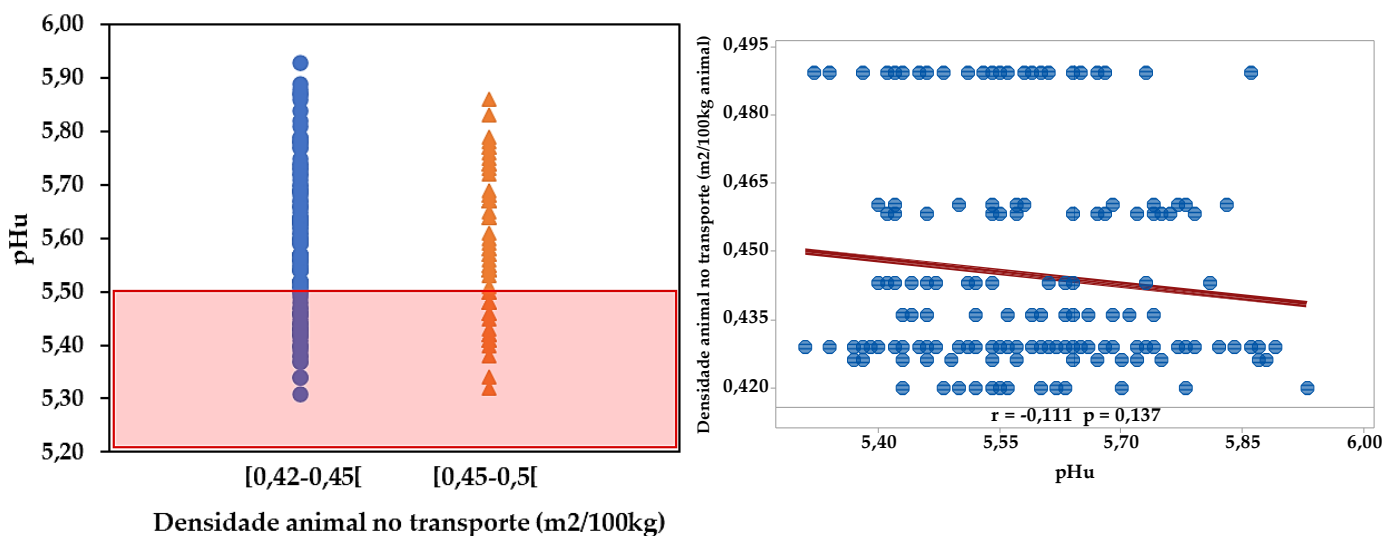


Figura 4.30 - Valores do pH final com a densidade animal no transporte ($m^2/100kg$) e matriz de correlação entre o pH final e a densidade animal no transporte.

Tabela 4.20 - Frequência absoluta e relativa das diferentes densidades animais no transporte em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Densidade animal no transporte ($m^2/100kg_{animal}$)	% Exsudação $\leq 3,5$		% Exsudação $> 3,5$		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0,42-0,45[	81	67,5	39	32,5	120	=0,235
[0,45-0,5[	43	72	16	28	59	

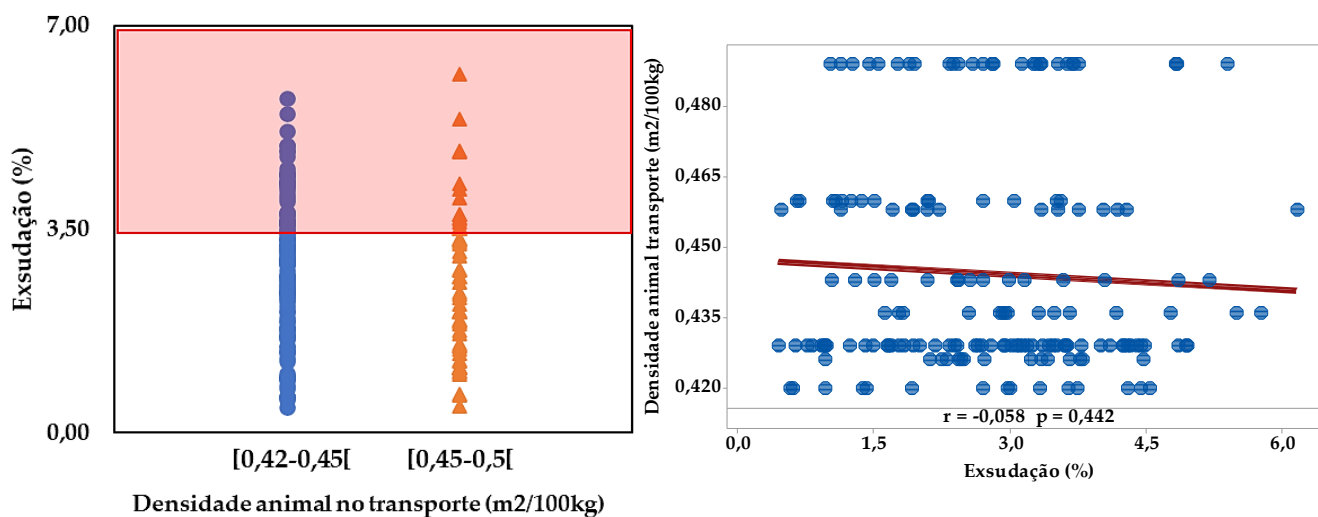


Figura 4.31 - Valores da percentagem de exsudação com a densidade animal no transporte ($m^2/100kg$) e matriz de correlação entre a percentagem de exsudação e a densidade animal no transporte.

Tabela 4.21 - Frequência absoluta e relativa das diferentes densidades animais no transporte em relação à luminosidade (L^*), medida no músculo *longissimus dorsi*.

Densidade animal no transporte ($m^2/100kg_{animal}$)	Luminosidade (L^*) ≤ 60		Luminosidade (L^*) >60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0,42-0,45[	69	83	14	17	83	=0,015
[0,45-0,5]	57	95	3	5	60	

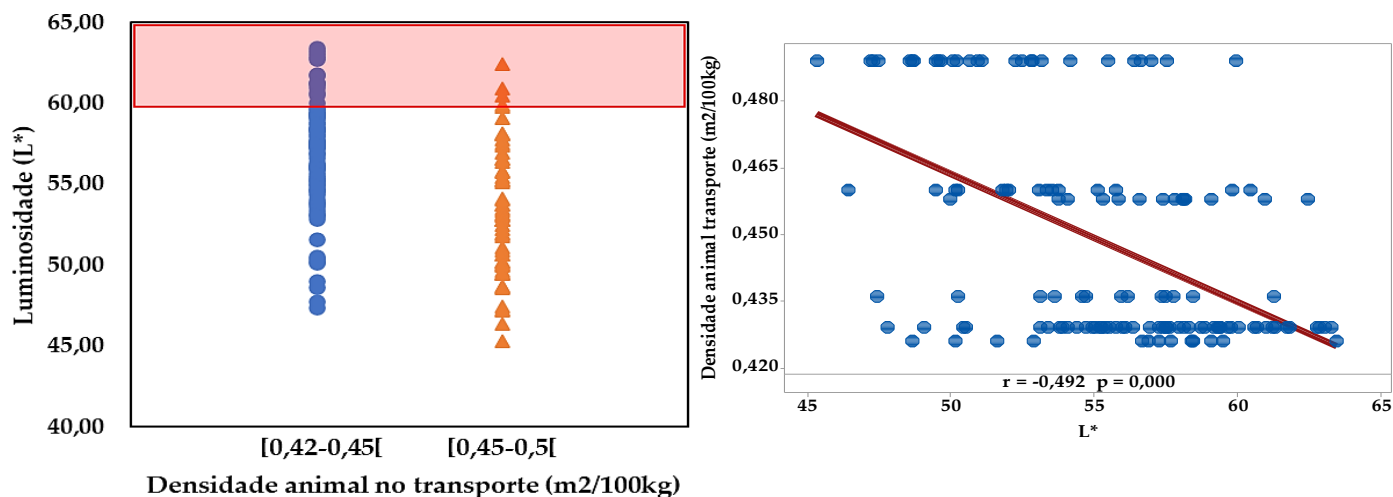


Figura 4.32 - Valores da luminosidade (L^*) com a densidade animal no transporte ($m^2/100kg$) e matriz de correlação entre a luminosidade (L^*) e a densidade animal no transporte.

Ao observar a matriz do pH final e percentagem de exsudação (**Figura 4.33**), o intervalo com os valores mais baixos de densidade animal no transporte, representa mais de 76% das amostras consideradas PSE, para estas variáveis.

Este aspeto é ainda mais flagrante quando estudadas em simultâneo as variáveis pH final e luminosidade (L^*) (**Figura 4.33**), dado que o intervalo de densidade animal no transporte [0,42-0,45[, representa 89% das carnes localizadas na zona de carnes pálidas e de pH final abaixo no aceitável.

No caso da matriz da exsudação/luminosidade (L^*) (**Figura 4.33**), denota-se uma clara maioria de pontos, pertencentes ao intervalo [0,42-0,45[, na zona das carnes consideradas PSE. Este intervalo densidades, representa cerca de 78% das carnes PSE.

Uma vez mais, estes resultados, corroboram o defendido por Warriss et al., (1998) [45], dado que os animais transportados com densidades entre 0,45-0,5 $m^2/100kg$ foram o que apresentaram melhores resultados em relação à qualidade da carne e à ocorrência de carnes PSE. Os animais transportados com densidades compreendidas entre os 0,42-0,45 $m^2/100kg$, apresentaram correlações negativas e fracas, para o pHu/exsudação e pHu/luminosidade (L^*), $r=-0,398$ e $r=-0,253$, respetivamente (**Figura E.1**). Para o intervalo de densidade animal no veículo de transporte entre 0,45-0,5kg, obteve-se uma correlação fraca negativa para o pH final/percentagem de exsudação ($r=-0,391$), uma correlação fraca e negativa para o pHu/ L^* ($r=-0,101$) e, por fim, uma correlação positiva fraca para a exsudação/luminosidade ($r=0,266$) (**Figura E.2**).

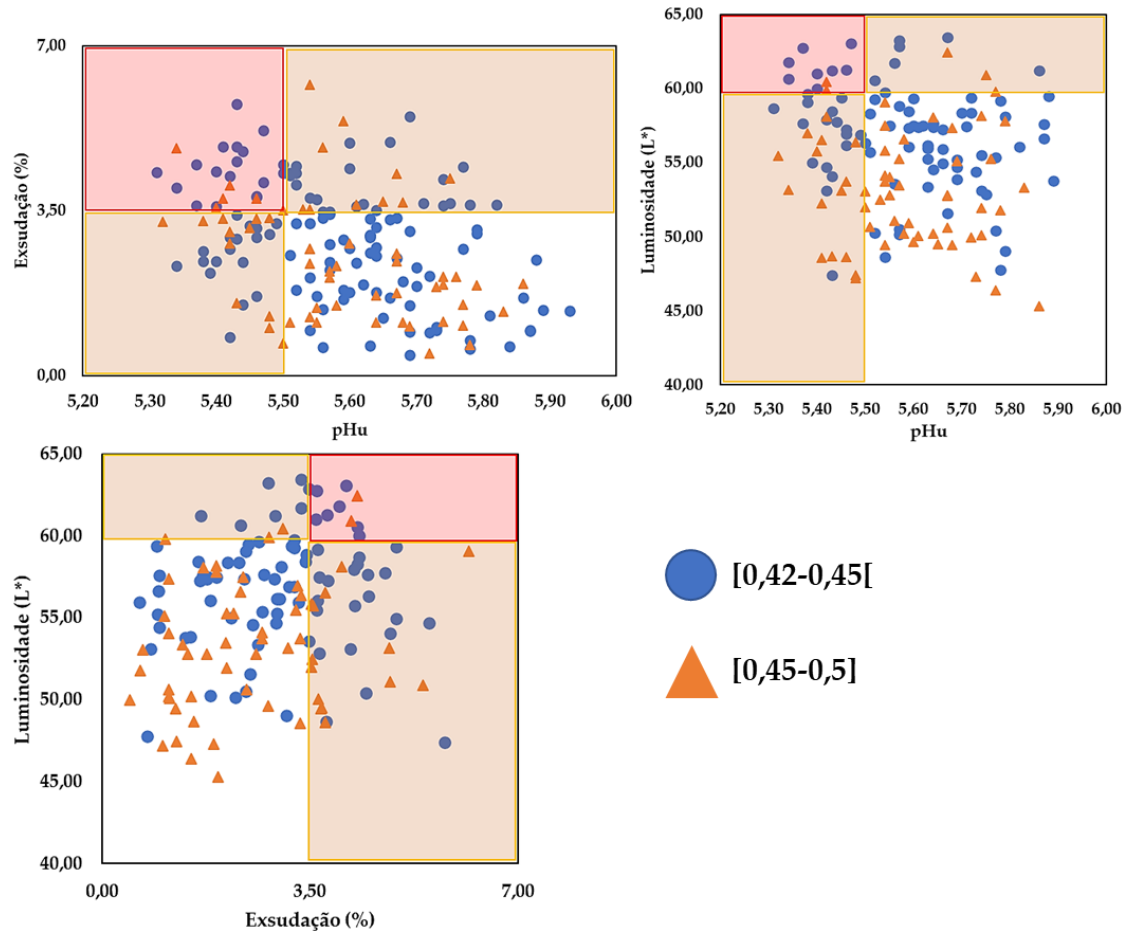


Figura 4.33 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, pH final/luminosidade (L*) e percentagem de exsudação/luminosidade (L*), com a densidade animal no transporte (m²/100kg).

4.9 Tempo de espera pré-abate

O tempo de espera média pré-abate dos animais recolhidos foi de 7 horas e 36 minutos, tendo o menor e o maior tempo de espera rondado os 36 minutos e as 19 horas, de forma respetiva.

O fator tempo de espera pré-abate verificou um efeito significativo no pH final das carcaças dos suínos ($p=0,041$) (**Tabela 4.22**). Os animais com tempos de espera inferior a uma hora, apresentaram uma percentagem bastante inferior (3%) de carnes com $pHu < 5,5$ quando comparado com suínos com maiores tempos de espera (**Tabela 4.22**). A correlação entre o pHu e a o tempo de espera pré-abate foi considerada como desprezível ($r=-0,062$; $p=0,406$) (**Figura 4.34**).

Os valores obtidos vão ao encontro de Warriss (1987) [47], que descreve que animais não suscetíveis ao stress poderão ser abatidos de forma direta sem prejudicar a qualidade final da carne. Em sentido contrário, os resultados não comprovam o defendido por Faucitano (2010) [55], que verificou que o aumento dos tempos de espera levou à diminuição da incidência de carnes PSE. Além disso, o autor refere que tempos de descanso inferiores a 1 hora não são recomendáveis do ponto de vista da recuperação da fadiga animal sofrida durante o transporte. A mesma opinião é defendida tanto por Fortin (2002) [46], que indica um tempo

ideal de 3 horas para o descanso dos suínos e um tempo de 30 minutos como sendo um catalisador de carnes de menor qualidade, como por Chevillon (2000) [36], que refere como necessárias 2 horas para acalmar o batimento cardíaco dos suínos após o seu transporte.

Em relação à variável exsudação, o fator tempo de espera pré-abate, não teve um efeito significativo ($p=0,224$) (Tabela 4.23). Neste caso, todos os animais tiveram percentagens semelhantes de exsudação maiores que 3,5% (Tabela 4.23). A correlação entre a percentagem de exsudação e este fator foi negativa e fraca ($r=-0,122$; $p=0,104$) (Figura 4.35).

Para a luminosidade (L^*), o tempo de espera pré-abate também não possuiu um efeito significativo ($p=0,195$). Aqui, os animais com tempos de espera entre 2-3 horas, destacaram-se com a maior percentagem (27%) de carnes extremamente claras em relação aos restantes suínos em análise (Tabela 4.24). A correlação entre a variável luminosidade e o fator tempo de espera foi fraca e negativa ($r=-0,301$; $p=0$) (Figura 4.36). Para a cor da carne, os resultados, vão diretamente de encontro ao estudo de Faucitano (2010) [55], que defende que um intervalo de tempos de descanso entre as 2 e as 3 horas serão ideais para reduzir a incidência de carnes PSE.

Tabela 4.22 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de espera pré-abate em relação ao pH final medido no músculo longissimus dorsi.

Tempo de espera pré-abate (h)	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0-1]	1	3	29	97	30	=0,041
[2-3]	21	35	39	65	60	
[3-4]	5	33	10	67	15	
≥ 12 horas	24	32	51	68	75	

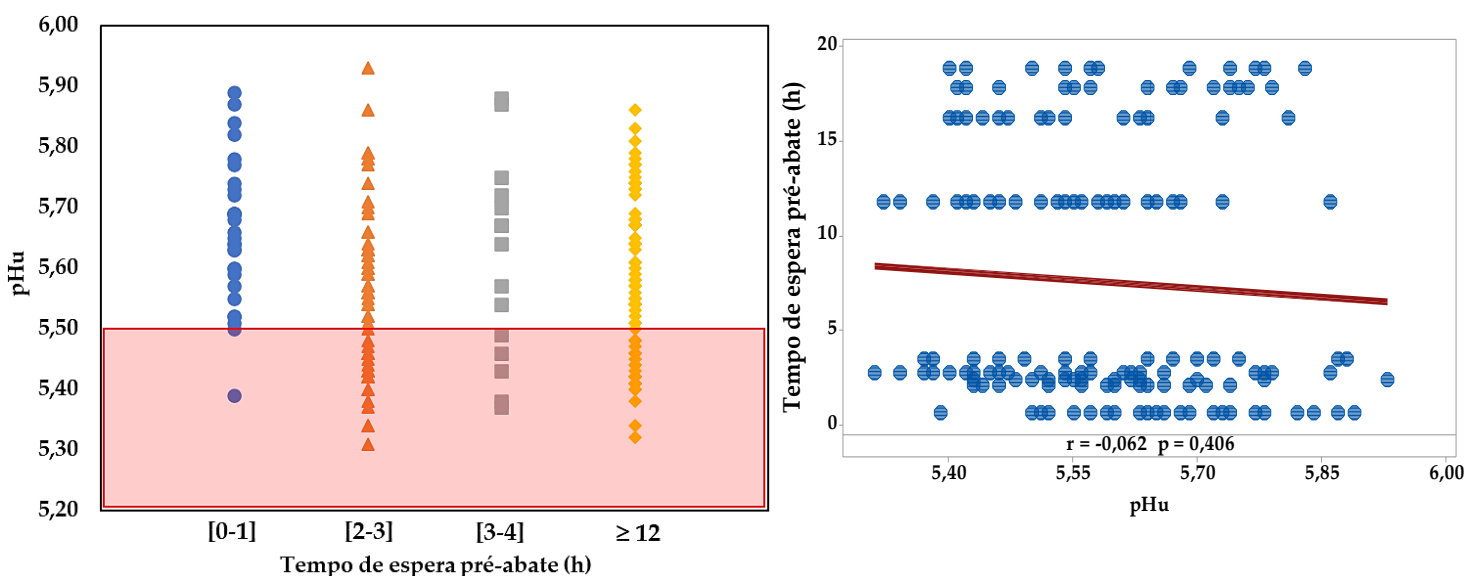


Figura 4.34 - Valores do pH final com o tempo de espera pré-abate (h) e matriz de correlação entre o pH final e o tempo de espera pré-abate.

Tabela 4.23 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de espera pré-abate em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Tempo de espera pré-abate (h)	% Exsudação ≤ 3,5		% Exsudação > 3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0-1]	21	70	9	30	30	=0,224
[2-3]	38	63	22	37	60	
[3-4]	11	73	4	27	15	
≥ 12	54	73	20	27	74	

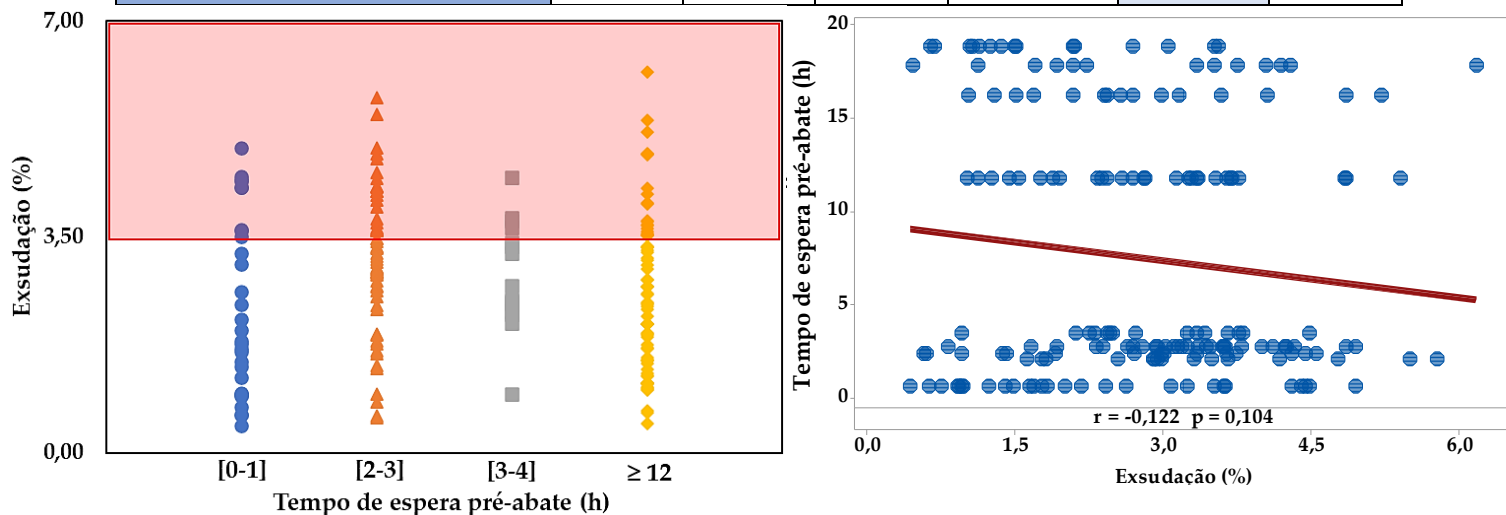


Figura 4.35 - Valores da percentagem de exsudação com o tempo de espera pré-abate (h) e matriz de correlação entre percentagem de exsudação e o tempo de espera pré-abate.

Tabela 4.24 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de espera pré-abate em relação à luminosidade (L*).

Tempo de espera pré-abate (h)	Luminosidade (L*) ≤ 60		Luminosidade (L*) > 60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[0-1]	22	96	1	4	23	=0,195
[2-3]	33	73	12	27	45	
[3-4]	14	93	1	7	15	
≥ 12	57	95	3	5	60	

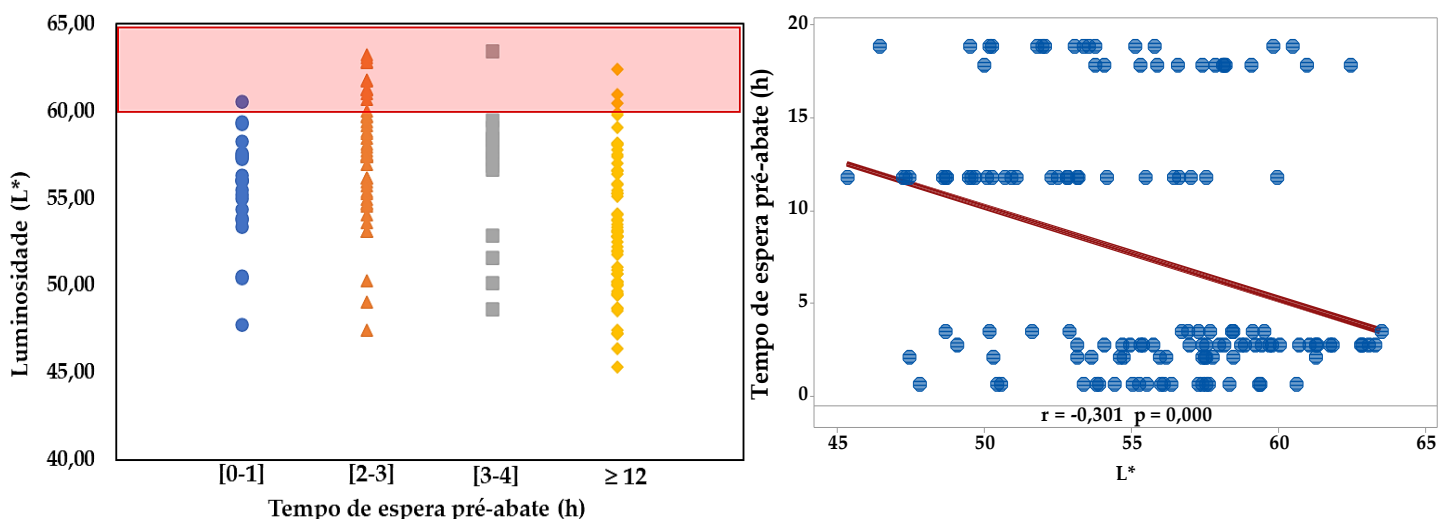


Figura 4.36 - Valores da luminosidade (L^*) com o tempo de espera pré-abate (h) e matriz de correlação entre a luminosidade (L^*) e o tempo de espera pré-abate.

Na matriz com as variáveis pH final e percentagem de exsudação (**Figura 4.37**), observa-se que dos 12% das amostras que se localizam na zona de risco de carnes PSE, os animais com um tempo de espera entre as 2 e 3 horas, representaram cerca de 57% destas carnes.

Na matriz pH final e luminosidade (L^*) (**Figura 4.37**), é ainda mais facilmente perceptível (cerca de 89%) a maioria de pontos pertencentes a animais com tempos de espera compreendidos entre as 2 e 3 horas, na zona de carnes consideradas PSE.

Por fim, na relação entre a variável exsudação e luminosidade retratada na (**Figura 4.37**), os animais com os tempos de espera pré-abate referidos anteriormente, representaram cerca de 67% das carnes PSE para estas variáveis.

Uma vez mais, os resultados indicam claramente, que o intervalo de animais com tempo de descanso entre 2-3 horas apresentaram os piores resultados em para a qualidade da carne. Isto significa que os valores obtidos corroboram tanto o abate direto e as 6 horas de descanso, defendido por Warriss (1987), como tempos de espera de animais que passam a noite na abegoaria como é apresentado por Nanni Costa et al., (2002) [54] e Faucitano (2010) [55].

Os suínos com um tempo de descanso inferior a 1 hora, obtiveram uma correlação fraca e negativa entre o pHu e a exsudação ($r=-0,394$) e entre o pHu e a luminosidade (L^*) ($r=-0,332$) e fraca e positiva entre a percentagem de exsudação e a luminosidade (L^*) ($r=0,242$) (**Figura F.1**).

No que se refere aos suínos com um tempo de descanso entre as 2 e 3 horas, as correlações entre o pHu/exsudação e pH final/luminosidade foram fracas e negativas, $r=-0,304$ e $r=-0,238$, respetivamente. A correlação entre a exsudação e a luminosidade foi desprezível (**Figura F.2**).

Para animais com tempos de espera entre as 3 e 4 horas, a correlação entre o pH final e a percentagem de exsudação obtida foi negativa e moderada. As correlações entre o pH final/luminosidade (L^*) e a exsudação/luminosidade foram desprezíveis (**Figura F.3**).

Finalmente, para os animais com tempos de espera superiores a 12 horas, as correlações obtidas para o pHu/exsudação e pHu/luminosidade foram fracas e negativas, $r=-0,391$ e $r=-$

0,101, respetivamente. A correlação entre a percentagem de exsudação/luminosidade (L*) foi fraca e positiva (**Figura F.4**).

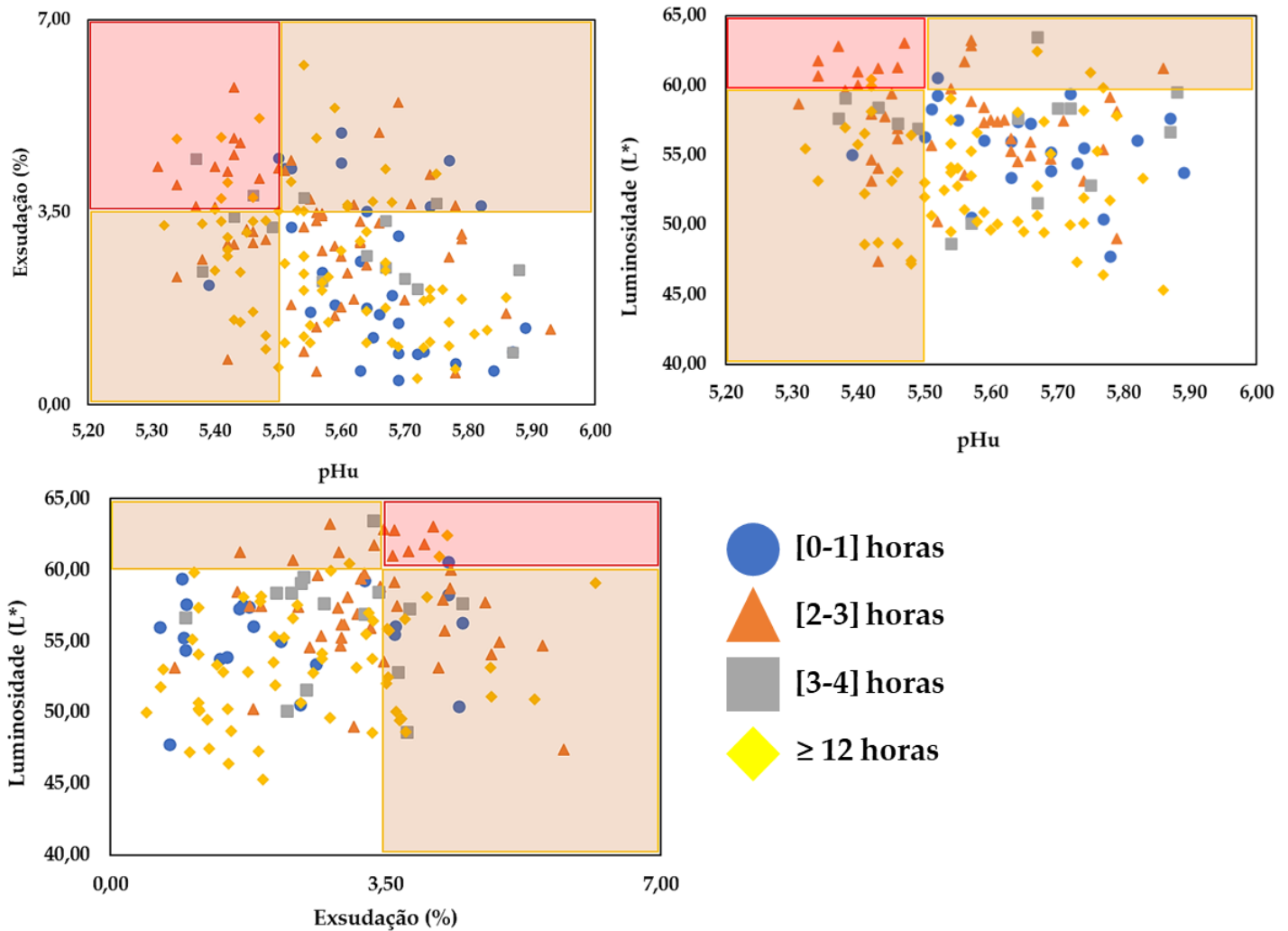


Figura 4.37 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, pH final/luminosidade (L*) e percentagem de exsudação/luminosidade (L*), com o tempo de espera pré-abate.

4.10 Tempo de jejum

O tempo médio de jejum foi de 16 horas e 36 minutos, tendo o tempo mínimo rondado as 14 horas e o tempo máximo de cerca de 23 horas e 48 minutos.

O fator tempo de jejum dos animais, não teve um efeito significativo no pH das suas carcaças ($p=0,277$) (**Tabela 4.25**). Os animais com um jejum superior a 17 horas apresentaram a maior percentagem (40%) de carcaças com $pHu < 5,5$ enquanto apenas 7% dos suínos com um jejum entre 16 e 17 horas apresentaram valores de pH final inferiores ao valor característico de carnes PSE (**Tabela 4.25**). O facto de os animais com o maior tempo de jejum terem apresentados valores de pH final mais baixos, indicativos de um maior stress animal, poderá ter-se devido a um aumento de agressividade e de lutas entre os suínos. De acordo com Faucitano (2000) [39], estes eventos são uma consequência direta de uma longa restrição alimen-

tar, dado que animais em jejum tendem a lutar mais e durante mais tempo que animais alimentados. A correlação entre a variável pHu e tempo de jejum é considerada negativa e fraca ($r=-0,105$; $p=162$) (**Figura 4.38**).

No caso da variável exsudação, este fator também não teve efeito significativo ($p=0,091$) (**Tabela 4.26**). Os animais com um tempo de jejum no intervalo [14-15[horas foram os que registaram a maior percentagem de carnes PSE com cerca de 37% (**Tabela 4.26**). A correlação entre a variável percentagem de exsudação e tempo de jejum foi desprezível ($r=-0,042$; $p=0,577$) (**Figura 4.39**).

Para a variável luminosidade (L^*), o fator tempo de jejum verificou um efeito significativo ($p=5,15E-4$) (**Tabela 4.27**). Os animais com o tempo de jejum menor ([14-15[horas) foram os que registaram maior percentagem de carnes claras, cerca de 27% (**Tabela 4.27**). A correlação obtida entre esta variável e o tempo de jejum dos suínos foi fraca e negativa ($r=-0,483$; $p=0$) (**Figura 4.40**).

Os resultados obtidos corroboram o defendido por Rosenvold & Andersen (2003) [37], de que um jejum entre as 12 e as 15 horas provoca um aumento dos valores finais de pH final, porém, a melhoria da qualidade da carne indicada pelos autores, não se verificou ao nível da capacidade de retenção de água e da cor da carne, tendo este intervalo de tempos de jejum sido o que apresentou piores características. Contrariamente, os resultados da perda de água por exsudação e cor da carne, vão ao encontro de Eikelenboom et al., (1989) [38], que indica tempo de jejum pré-transporte superiores a 16 horas como forma de reduzir o aparecimento de carnes pálidas e extremamente exsudativas. Todavia, os autores alegam que os mesmos tempos de jejum levam a um aumento dos valores de pHu, o que neste estudo não se verificou.

Tabela 4.25 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de jejum (h) em relação ao pH final medido no músculo *longissimus dorsi*.

Tempo de jejum (h)	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[14-15[21	35	39	65	60	=0,277
[15-16[	15	33	30	67	45
[16-17[	3	7	42	93	45
≥17	12	40	18	60	30	

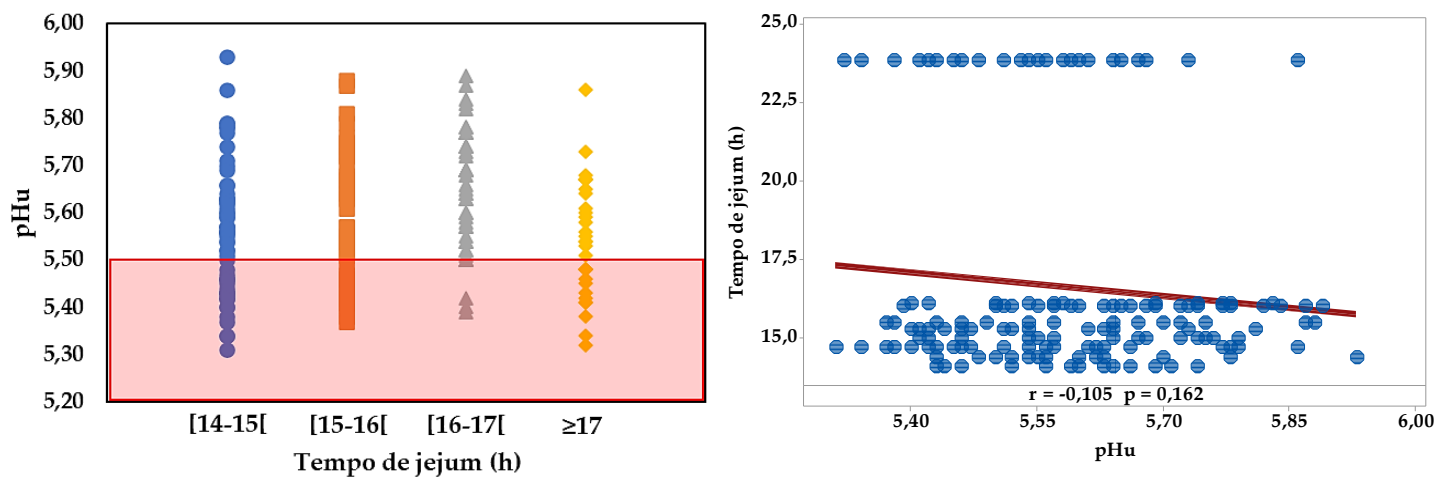


Figura 4.38 - Valores do pH final com o tempo de jejum (h) e matriz de correlação entre o pH final e o tempo de jejum.

Tabela 4.26 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de jejum (h) em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Tempo de jejum (h)	Exsudação (%) ≤3,5		Exsudação (%) >3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[14-15[38	63	22	37	60	=0,091
[15-16[	31	69	14	31	45
[16-17[	34	76	11	24	45
≥17	21	72	8	28	29	

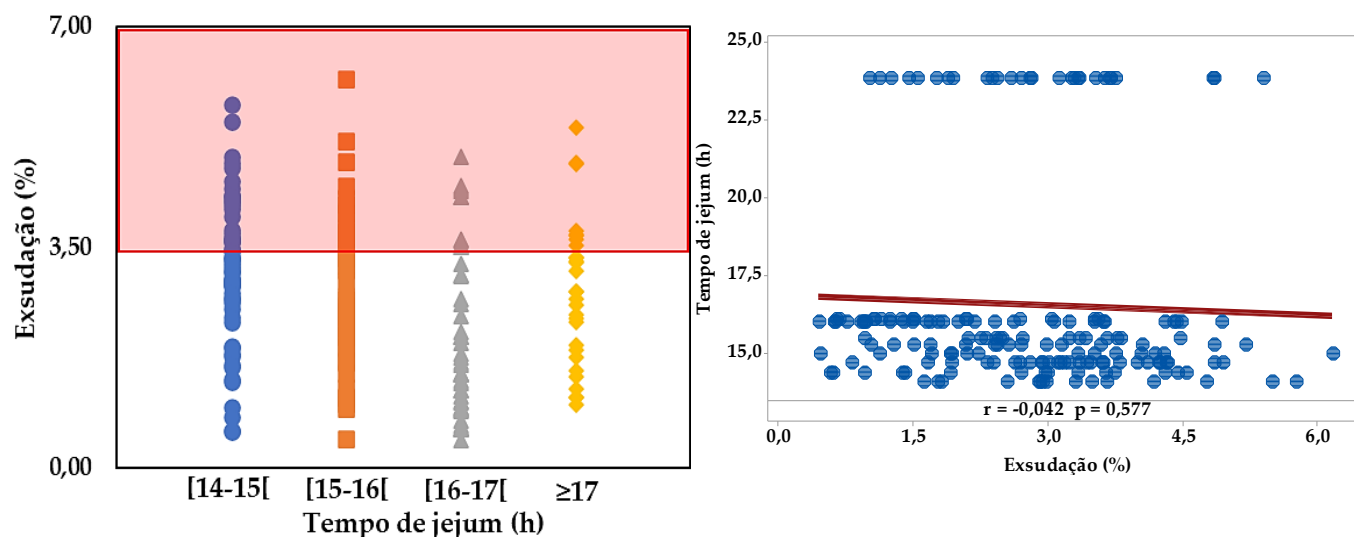


Figura 4.39 - Valores da percentagem de exsudação com o tempo de jejum (h) e matriz de correlação entre a percentagem de exsudação e o tempo de jejum.

Tabela 4.27 - Frequência absoluta e relativa dos diferentes tempos de jejum (h) em relação à luminosidade (L*).

Tempo de jejum (h)	Luminosidade (L*) ≤60		Luminosidade (L*) >60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
[14-15[33	73	12	27	45	= 5,15E-4
[15-16[	27	90	3	10	30
[16-17[	36	95	2	5	38
≥17	30	100	0	0	30	

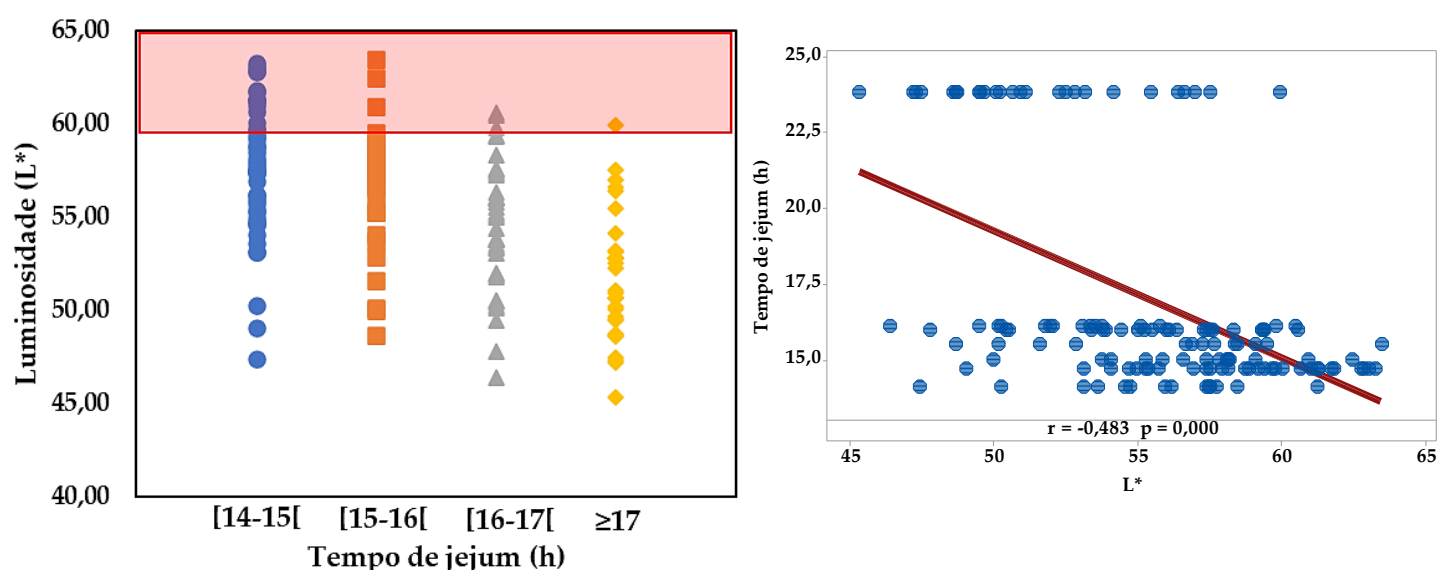


Figura 4.40 - Valores da luminosidade (L*) com o tempo de jejum (h) e matriz de correlação entre a luminosidade (L*) e o tempo de jejum.

Na matriz com os valores de pHu e exsudação (**Figura 4.41**), mais de metade (57%) dos valores localizados na zona de carnes PSE pertencem a animais com tempos de jejum entre as 14 e 15 horas. O mesmo se verifica, com maior ênfase, na matriz pH final e luminosidade (L*) (**Figura 4.41**), onde os animais que passaram por um jejum entre 14 e 15 horas representam praticamente 89% dos 6% das amostras que possuem características de carne PSE para estas variáveis.

O mesmo se verifica no caso da matriz percentagem de exsudação e luminosidade (**Figura 4.41**), onde os animais com tempos de jejum no intervalo [14-15[horas representam 67% das carnes PSE, ao nível destas variáveis.

Estes resultados contradizem, de forma direta, os obtidos por Rosenvold & Andersen (2003) [37], onde os animais com tempos de jejum entre as 12 e 15 horas apresentaram melhorias na qualidade final da carne. Uma vez pode-se constatar que tempos mais longos de jejum, como apontados por Eikelenboom et al., (1989) [38], foram os mais eficazes na mitigação de carnes com características PSE.

Os animais com um tempo de jejum entre as 14 e 15 horas, apresentaram uma correlação negativa e fraca entre as variáveis pHu/exsudação ($r=-0,304$) e entre as variáveis pHu/lumi-

nosidade (L^*) ($r=-0,238$). Para estes suínos, verificou-se ainda uma correlação desprezível entre a percentagem de exsudação e a luminosidade (L^*) (**Figura G.1**). Os animais que passaram por um período de jejum entre as 15 e 16 horas, tiveram uma correlação negativa e fraca entre o pH final/exsudação ($r=-0,411$) e entre a exsudação e a luminosidade (L^*) ($r=-0,466$). A correlação obtida entre o pHu e a luminosidade foi desprezível (**Figura G.2**).

Para o intervalo de jejum [16-17[horas, as correlações entre o pH final/exsudação e pHu / L^* foram fracas e negativas, $r=-0,414$ e $r=-0,251$, respetivamente. A correlação entre a percentagem de exsudação e a luminosidade (L^*) foi positiva e fraca (**Figura G.3**). Novamente, para finalizar, também os animais que passaram por um jejum superior às 17 horas, apresentaram uma correlação negativa e fraca entre o pHu/exsudação e entre o pHu/luminosidade, $r=-0,204$ e $r=-0,436$, respetivamente. A correlação obtida para a percentagem de exsudação/ L^* foi fraca e positiva ($r=0,194$) (**Figura G.4**).

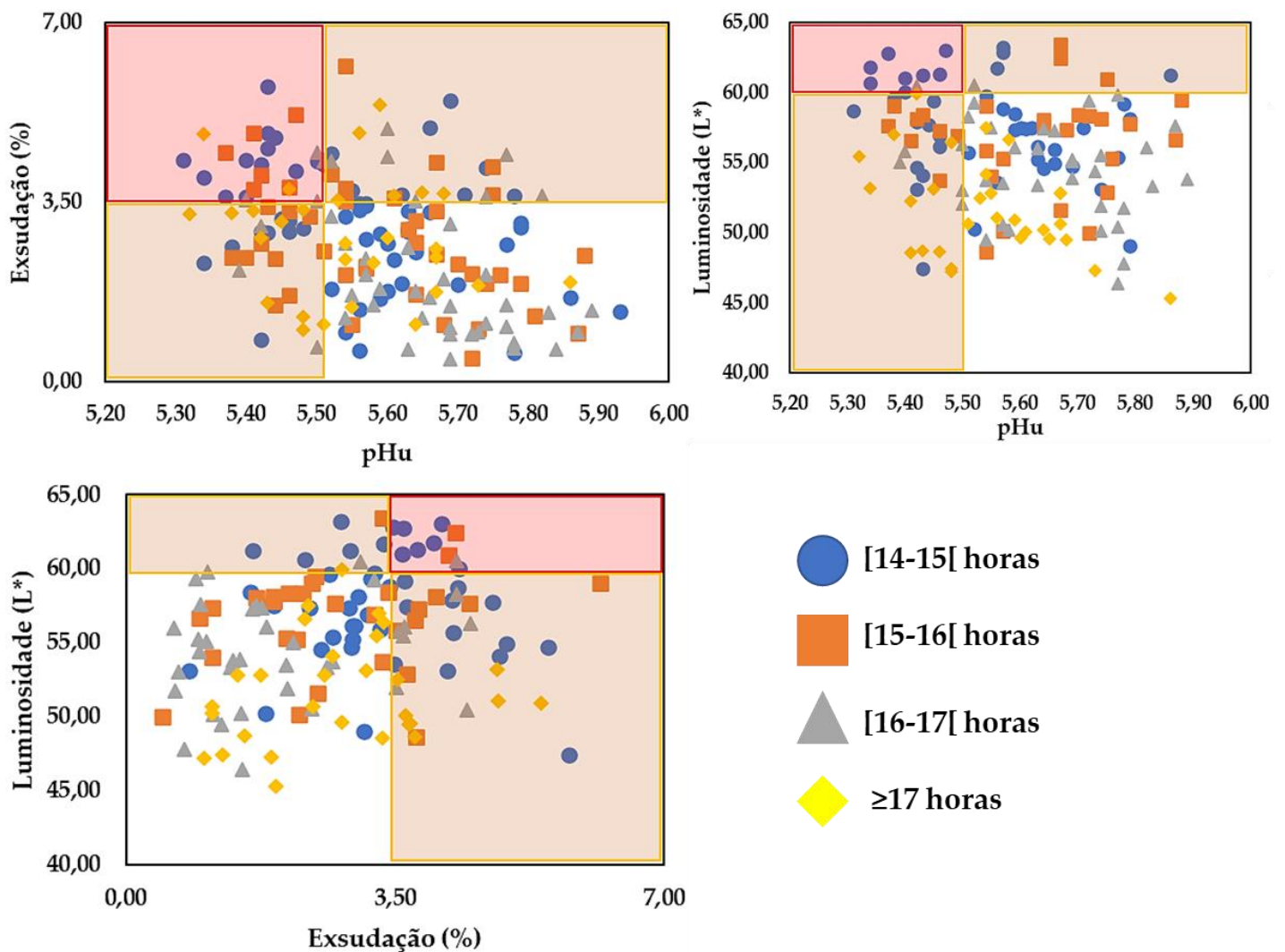


Figura 4.41 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, do pH final/luminosidade (L^*) e percentagem de exsudação/luminosidade (L^*), com o tempo de jejum.

4.11 Densidade animal na abegoaria

A densidade animal na abegoaria teve como valor médio 0,609 m²/100kg, o valor mínimo foi de 0,544 m²/100kg e o máximo 0,639 m²/100kg.

O fator densidade animal na abegoaria não teve um efeito significativo nos valores de pH final das carcaças (p=0,104) (**Tabela 4.28**). Cerca de 43% dos suínos que descansaram na abegoaria com uma densidade entre 0,6 e 0,62 m²/100kg, apresentaram valores de pHu abaixo do pretendido para a qualidade da carne (**Tabela 4.28**). A correlação entre este fator e pH final foi fraca e negativa (r=-0,195; p=0,009) (**Figura 4.42**).

A densidade animal na abegoaria não teve também qualquer efeito significativo na percentagem de exsudação (p=0,315), tendo os intervalos de densidades apresentado percentagens semelhantes de carnes mais exsudativas (% *DripLoss*>3,5) (**Tabela 4.29**). Além disso, a correlação entre esta variável e a densidade animal na abegoaria foi desprezível (**Figura 4.43**).

Também na variável luminosidade (L*), este fator não teve um efeito significativo (p=0,251) (**Tabela 4.30**). Ainda assim 16% dos animais com uma densidade animal na abegoaria entre 0,6-0,62 m²/100kg, registaram valores de L*>60, uma das características de carnes PSE. A correlação entre a densidade animal na abegoaria e o L* foi desprezível (r=-0,080; p=0,343) (**Figura 4.44**).

De uma maneira geral, os resultados não seguem a ideia de Kilgour & Dalton (2019) [40] e Gregory & Grandin (1998) de que densidades na abegoaria menores são catalisadores de disputas de território e de maior stress animal. Isto não se verificou para nenhuma das variáveis da qualidade final estudadas (pHu, exsudação e luminosidade (L*)).

Por outro lado, os resultados parecem ser claramente justificados pelo argumentado por Faucitano & Schaefer (2008) [53], onde é indicada como necessária uma densidade animal na abegoaria de 0,65 m²/100kg, para tempos de descanso superiores a 3 horas, o que não foi respeitado para os suínos em análise.

Tabela 4.28 - Frequência absoluta e relativa da densidade animal na abegoaria em relação ao pH final medido no músculo *longissimus dorsi*.

Densidade animal na abegoaria (m ² /100kg)	pHu<5,5		pHu≥5,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
< 0,6	3	7	42	93	45	=0,104
[0,6-0,62[	39	43	51	57	90	
[0,62-0,64]	9	20	36	80	45	

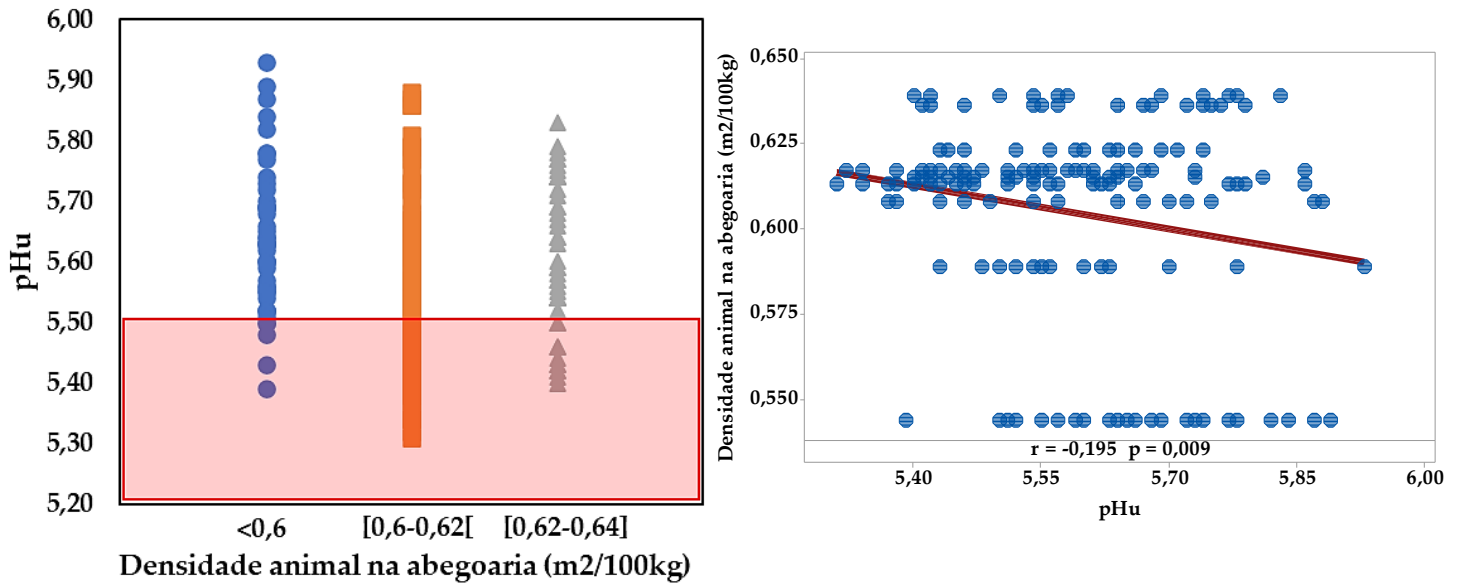


Figura 4.42 - Valores do pH final com a densidade animal na abegoaria (m²/100kg) e matriz de correlação entre o pH final e a densidade animal na abegoaria (m²/100kg).

Tabela 4.29 - Frequência absoluta e relativa da densidade animal na abegoaria em relação à percentagem de exsudação medida no músculo *longissimus dorsi*.

Densidade animal na abegoaria (m ² /100kg)	% Exsudação ≤ 3,5		% Exsudação > 3,5		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
< 0,6	31	69	14	31	45	=0,315
[0,6-0,62[	61	69	28	31	89	
[0,62-0,64]	32	71	13	29	45	

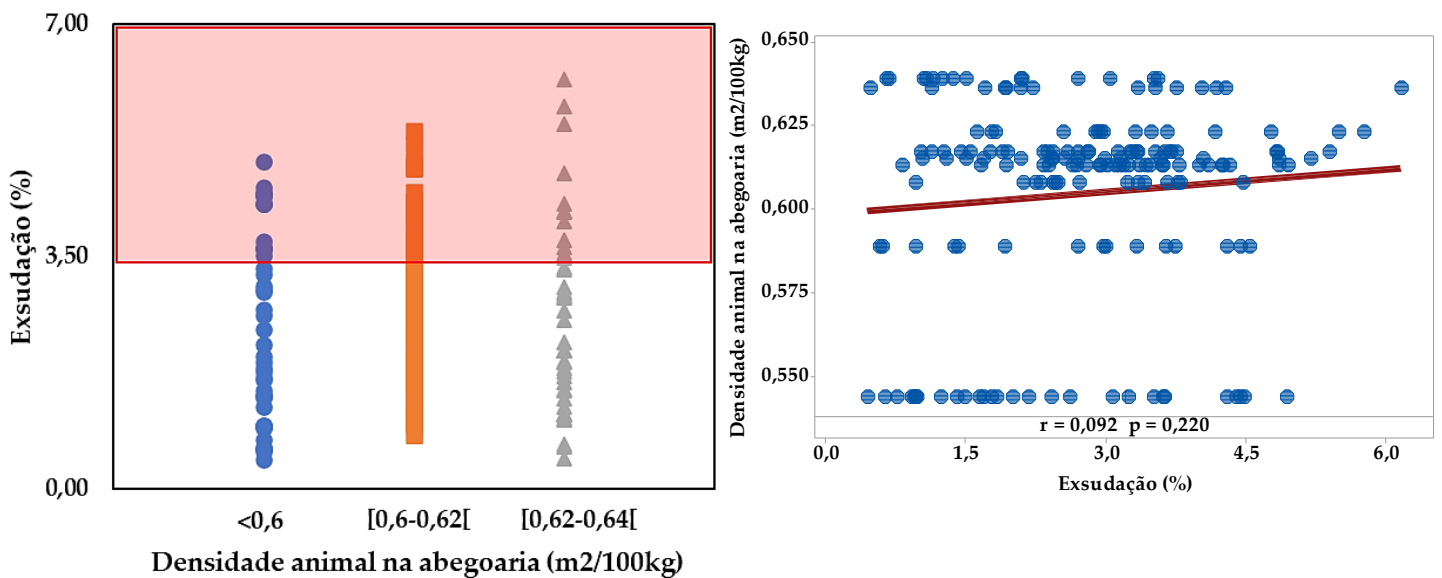


Figura 4.43 - Valores da percentagem de exsudação com a densidade animal na abegoaria (m²/100kg) e matriz de correlação entre a percentagem de exsudação e a densidade animal na abegoaria (m²/100kg).

Tabela 4.30 - Frequência absoluta e relativa da densidade animal na abegoaria em relação à luminosidade (L*).

Densidade animal na abegoaria (m ² /100kg)	Luminosidade (L*) ≤ 60		Luminosidade (L*) > 60		Total animais	p-value
	n	%	n	%		
< 0,6	22	96	1	4	23	=0,251
[0,6-0,62[	63	84	12	16	75	
[0,62-0,64]	41	91	4	9	45	

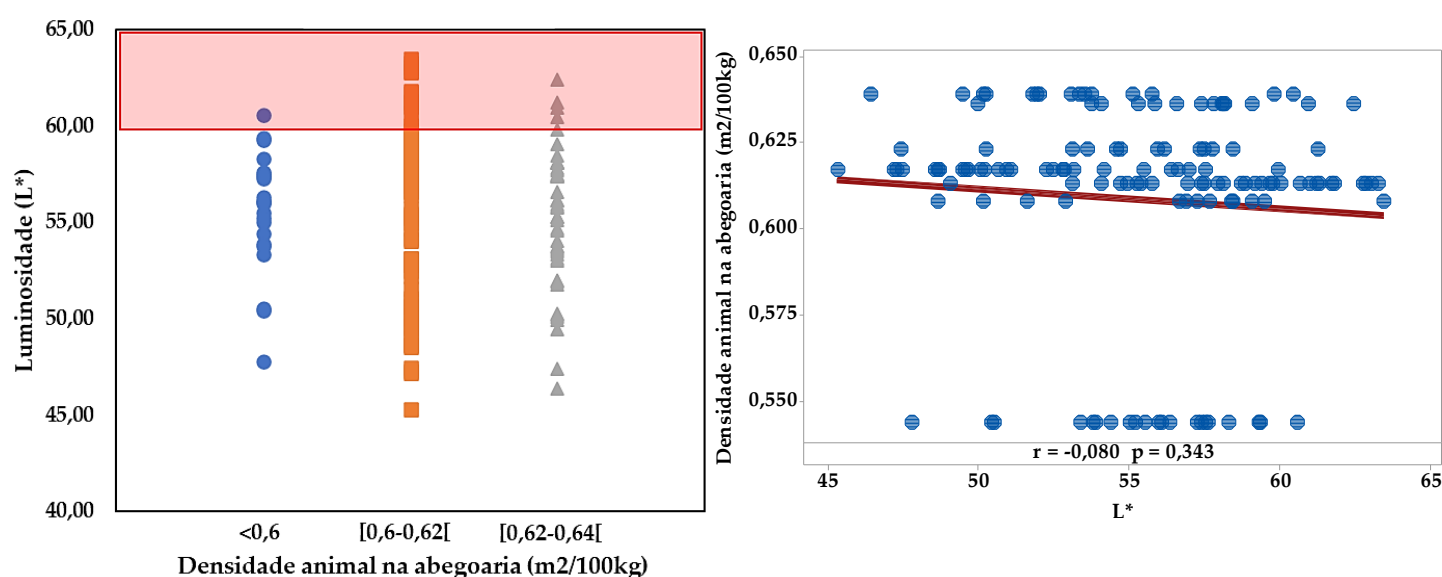


Figura 4.44 - Valores da luminosidade (L*) com a densidade animal na abegoaria (m²/100kg) e matriz de correlação entre a luminosidade (L*) e a densidade animal na abegoaria (m²/100kg).

Na matriz do pH final e percentagem de exsudação (**Figura 4.45**) é fácil denotar uma clara predominância (71,4%), de valores de animais com uma densidade na abegoaria entre os 0,6-0,62 m²/100kg, na zona de carnes com qualidade inferior (PSE).

Tal aspeto se verifica para a matriz pH final/luminosidade (L*) e exsudação/L* (**Figura 4.45**). Na primeira matriz, cerca de 78% dos animais com características PSE, passaram por um descanso pré-abate numa densidade compreendida no intervalo [0,6-0,62[m²/100kg (**Figura 4.45**). Na segunda matriz, dos 6% de carnes PSE do total das amostras recolhidas, 67% eram pertencentes ao grupo de animais com esse intervalo de densidades de descanso na abegoaria (**Figura 4.45**).

Uma vez mais, denota-se que os resultados demonstrados, dão razão ao defendido por Faucitano & Schaefer (2008) [53], de que os animais com um tempo de descanso pré-abate acima de 3 horas deverão ter uma densidade de pelo menos 0,65 m²/100kg. No entanto, nos animais em análise, a maior área registada foi de 0,639 m²/100kg.

Os animais com uma densidade de descanso na abegoaria menor que 0,6m²/100kg, apresentaram correlações negativas fracas entre o pHu/exsudação (r=-0,449) e entre o pHu/L* (r=-0,332) (**Figura H.1**). A correlação obtida entre a percentagem de exsudação e a luminosidade (L*) foi fraca e positiva (r=0,242) (**Figura H.1**).

Para o intervalo de densidade de descanso na abegoaria $[0,6-0,62[\text{ m}^2/100\text{kg}$, registou-se uma correlação fraca e negativa ($r=-0,309$) entre o pH final e percentagem de exsudação (Erro! A origem da referência não foi encontrada.). Entre o pHu e o L^* obteve-se uma correlação desprezível e entre a exsudação e a luminosidade alcançou-se uma correlação positiva e fraca ($r=0,218$) (Figura H.2).

Para concluir, no intervalo de densidades $[0,62-0,64]$, verificou-se uma correlação fraca e negativa entre o pHu e exsudação ($r=-0,390$), uma correlação desprezível entre o pHu e a luminosidade e uma correlação fraca e positiva ($r=0,275$) entre a percentagem de exsudação e o L^* (Figura H.3).

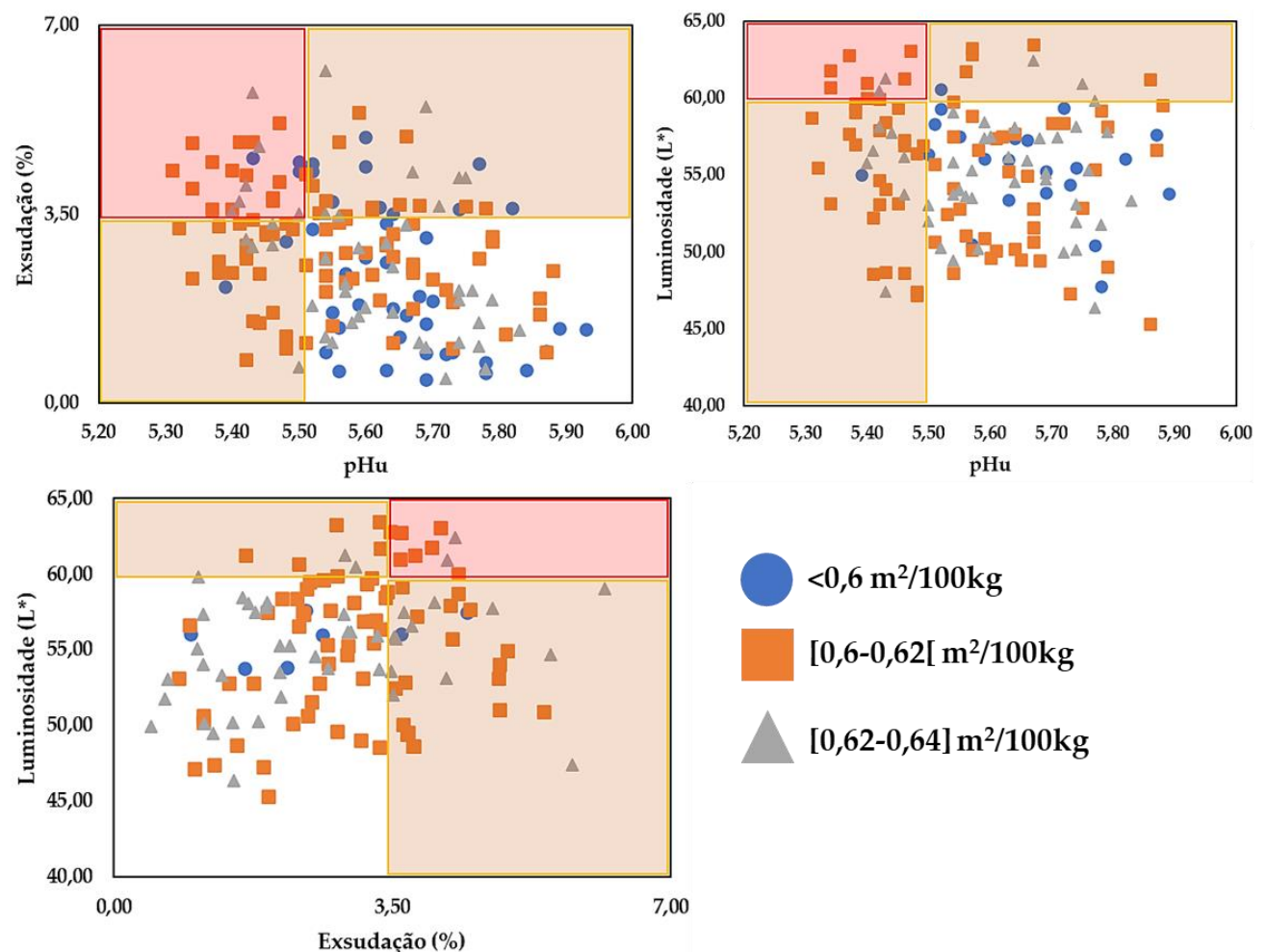


Figura 4.45 - Matriz do pH final/percentagem de exsudação, pH final/luminosidade (L^*), percentagem de exsudação/luminosidade (L^*), com a densidade animal na abegoaria ($\text{m}^2/100\text{kg}$).

Tabela 4.31 - Tabela resumo com os fatores significativos na qualidade final da carne.

Fatores da qualidade da carne	p-value		
	pHu	Exsudação (%)	Luminosidade (L*)
pHu		9,48E-4	0,018
Exsudação	8,89E-5		2,83E-3
Luminosidade (L*)	0,024	0,185	
Fatores do bem-estar animal	p-value		
	pHu	Exsudação (%)	Luminosidade (L*)
Exploração	0,017	0,814	5,05E-4
Gênero	0,649	0,128	0,861
Densidade animal no transporte (m ² /100kg)	0,154	0,235	0,015
Peso líquido da carcaça (kg)	0,074	0,239	0,408
Tempo de espera pré-abate (h)	0,041	0,224	0,195
Tempo de jejum (h)	0,277	0,091	5,15E-4
Densidade animal na abegoaria (m ² /100kg)	0,104	0,315	0,251

CONCLUSÕES E PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

A realização do presente estudo pretendeu analisar diferentes parâmetros relacionados com fatores naturais e do bem-estar suíno, a fim de mitigar a ocorrência de carnes PSE. Depois de completado este estudo, deverá ser ponderada a realização de um estudo semelhante que abranja mais fornecedores, explorações e matadouros, de forma a cobrir um maior perfil genético e diferentes métodos de tratamento animal.

Após a realização deste estudo, há uma clara indicação no sentido de comprovar o pressuposto de que carcaças com valores de pH final mais baixos estão ligadas a maiores valores de exsudação e a carnes mais claras.

Após a análise dos resultados obtidos, constata-se que ao nível da exploração de origem dos animais, esta teve um efeito significativo tanto no pH final como na cor das carcaças. Destas, a exploração 7 foi a que apresentou maior incidência de valores de pH final, exsudação e cor da carne característicos de carnes PSE. Além desta, a exploração 6, provavelmente por pertencer a um fornecedor distinto, mostrou, na análise PCA, formar um *cluster* completamente separado dos restantes pontos. Por estas razões, será pertinente fazer uma visita a estas explorações a fim de inquirir e tentar perceber a forma como os animais são tratados e como esse tratamento poderá influenciar a qualidade final da carne.

O género dos animais não foi um fator significativo na qualidade da carne, ainda que, pela análise PCA, se denotem diferenças entre os animais castrados e os não castrados (machos e fêmeas). Este aspeto poderá valer a pena ser investigado, a fim de perceber se existem vantagens ou desvantagens, da castração suína, na qualidade final da sua carne.

A densidade animal no transporte, fator significativo apenas na cor da carne, tendo-se concluído que suínos com menor área de descanso no transporte originaram carnes de cor mais clara, o que se poderá dever a uma maior incidência de lutas no veículo e falta de espaço para o animal se deitar que originam grande stress animal.

Relativamente ao tempo de espera pré-abate, este parece ter um efeito significativo no valor de pH final da carcaça. O presente estudo parece evidenciar que os animais abatidos de forma direta (<1 hora), foram os que exibiram melhores valores nos parâmetros da qualidade (principalmente ao nível do pH final), o que parece indicar que os animais não descansam de forma eficaz na abegoaria.

O tempo de jejum teve um efeito significativo na cor final da carne, tendo os animais com uma maior privação de comida apresentado melhores resultados. Isto leva a crer que este fator deverá ser tido em conta pelos produtores e responsáveis de abate, de forma a que a antecedência do jejum dos suínos ao transporte esteja emparelhada com a sua hora de ocisão.

Os fatores peso líquido da carcaça e densidade animal na abegoaria, parecem não apresentar qualquer efeito significativo nos parâmetros de qualidade abordados. No entanto, a densidade animal na abegoaria, deverá sempre seguir de acordo com as regulamentações impostas tanto a nível europeu como nacional.

Em suma, há espaço para que seja conduzido um estudo futuro semelhante em que seja tratada uma amostra mais alargada, tanto a nível de fornecedores como de explorações, em que sejam incluídos fatores como a genética animal. Todavia, este estudo parece indicar que existe ainda uma parte considerável de carnes de qualidade inferior, como é o caso das PSE. Para que isto seja reduzido, segundo este trabalho, deverão ser tidos em conta, com maior afinco, fatores do bem-estar animal, como a densidade animal no transporte, tempo de espera pré-abate e o tempo de jejum.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas Agrícolas 2009,” 2010.
- [2] Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas Agrícolas 2012,” 2013.
- [3] Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas Agrícolas 2013,” 2014.
- [4] Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas Agrícolas 2017,” 2018.
- [5] Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas Agrícolas 2020,” 2021.
- [6] CAP/DGAV, *Catálogo Oficial de Raças Autóctones Portuguesas*. 2020.
- [7] “Decreto Lei nº28/96,” *Diário da República*. pp. 682–689, 1996.
- [8] “Regulamento (CE) N.º 1/2005 do Conselho de 22 de Dezembro de 2004 relativo à protecção dos animais durante o transporte e operações afins e que altera as Directivas 64/432/CEE e 93/119/CE e o Regulamento (CE) n.º 1255/97,” *Jornal Oficial da União Europeia*, 2004. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005R0001&from=HR> (accessed May 05, 2021).
- [9] “Regulamento (CE) N.º 1099/2009 do Conselho de 24 de Setembro de 2009 relativo à protecção dos animais no momento da occisão.” 2019.
- [10] “Regulamento (CE) N.º 853/2004, do Parlamento Europeu,” *Jornal Oficial da União Europeia*. 2004.
- [11] C. Kiefer, B. C. G. Meignen, J. F. Sanches, and A. S. Carrijo, “Resposta de suínos em crescimento mantidos em diferentes temperaturas,” *Arch. Zootec.*, vol. 58, no. 221, pp. 55–64, 2009, doi: 10.21071/az.v58i221.5320.
- [12] S. Silva, “Aula 5 - Transformação do músculo em carne.” Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, São Paulo, 2014.
- [13] E. Huff-Loneragan and S. Lonergan, “Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes,” *Meat Sci.*, vol. 71, no. 1, pp. 194–204, 2005, doi: 10.1016/j.meatsci.2005.04.022.
- [14] X. Zhang, C. M. Owens, and M. W. Schilling, “Meat: The edible flesh from mammals only or does it include poultry, fish, and seafood?,” *Anim. Front.*, vol. 7, no. 4, pp. 12–18, 2017, doi: 10.2527/af.2017.0437.
- [15] J. M. Rübensam, “Transformações Post Mortem E Qualidade Da Carne Suína,” *Conferência Int. Virtual sobre Qual. Carne Suína*, pp. 89–99, 2000.
- [16] A. H. Karlsson, R. E. Klont, and X. Fernandez, “Skeletal muscle fibres as factors for pork quality,” *Livest. Prod. Sci.*, vol. 60, no. 2–3, pp. 255–269, 1999, doi: 10.1016/S0301-6226(99)00098-6.

- [17] L. Lefaucheur, P. Ecolan, L. Plantard, and N. Gueguen, "New insights into muscle fiber types in the pig," *J. Histochem. Cytochem.*, vol. 50, no. 5, pp. 719–730, 2002, doi: 10.1177/002215540205000513.
- [18] A. Teixeira and S. Rodrigues, "Pork meat quality of preto alentejano and commercial largewhite landrace cross," *J. Integr. Agric.*, vol. 12, no. 11, pp. 1961–1971, 2013, doi: 10.1016/S2095-3119(13)60634-6.
- [19] A. J. F. Raimundo, "Estudo da utilização de alguns parâmetros fisiológicos no diagnóstico da qualidade da carne de suíno," 2014.
- [20] M. A. Latorre, R. Lázaro, M. I. Gracia, M. Nieto, and G. G. Mateos, "Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight," *Meat Sci.*, vol. 65, no. 4, pp. 1369–1377, 2003, doi: 10.1016/S0309-1740(03)00059-7.
- [21] R. A. Nold, J. R. Romans, W. J. Costello, and G. W. Libal, "Characterization of muscles from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 or 110 kilograms: Differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen," *J. Anim. Sci.*, vol. 77, no. 7, pp. 1746–1754, 1999, doi: 10.2527/1999.7771746x.
- [22] C. Santos and C. Roseiro, "Efeito da relação pH/temperatura muscular post-mortem na qualidade da carne maturada," pp. 39–43, 2018.
- [23] C. Wenk, J. A. Fernández, and M. Dupuis, Eds., *Quality of meat and fat in pigs as affected by genetics and nutrition*, vol. 100, no. 100. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2000.
- [24] C. Ludtke, C. E. . Nogueira, W. Bertolini, O. . Dalla Costa, and G. J. . Soares, "O estresse no manejo pré-abate e na qualidade da carne suína," 2006.
- [25] P. . Tarrant, "The Effects of Handling, Transport, Slaughter and Chilling on Meat Quality and Yield in Pigs: A review," *Irish J. Food Sci. Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 79–107, 1989.
- [26] I. Carolino, A. Vicente, C. Oliveira e Sousa, F. Santos Silva, and N. Carolino, "O teste de DNA como diagnóstico precoce de carnes PSE em suínos," *Revista Voz do Campo*, 2017.
- [27] E. Magowan, B. Moss, A. Fearon, and E. Ball, "Effect of breed , finish weight and sex on pork meat and eating quality and fatty acid profile by," no. March, 2011.
- [28] B. Lukic, I. Durkin, G. Kusec, D. Brkic, M. Mikolin, and I. Jerkovic, "Influence of Gender and Slaughter Weight on meat quality traits of heavy pigs," 2012.
- [29] J. R. Piao, J. Z. Tian, B. G. Kim, Y. I. Choi, Y. Y. Kim, and I. K. Han, "Effects of sex and market weight on performance, carcass characteristics and pork quality of market hogs," *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, vol. 17, no. 10, pp. 1452–1458, 2004, doi: 10.5713/ajas.2004.1452.
- [30] I. Bahelka, E. Hanusová, D. Peškovičová, and P. Demo, "The effect of sex and slaughter weight on intramuscular fat content and its relationship to carcass traits of pigs," *Czech J. Anim. Sci.*, vol. 52, no. 5, pp. 122–129, 2007, doi: 10.17221/2233-cjas.
- [31] A. M. Bridi, "Adaptação e Aclimação Animal," *Rev. Bras. Zootec. - UEL*, pp. 2–3, 2010.
- [32] E. Lambooij, "Transport of pigs," in *Livestock Handling and Transport: Third Edition*, 3rd ed., Grandin, Ed. 2007, pp. 228–244.
- [33] G. LeRoy Hahn, John B. Gaughan, Terry L. Mader, and Roger A. Eigenberg, "Chapter 5: Thermal Indices and Their Applications for Livestock Environments," in *Livestock Energetics and Thermal Environment Management*, no. January 2009, 2013, pp. 113–130.
- [34] A. C. Murray, "Reduzindo perdas da porteira da granja até o abatedouro-uma perspectiva canadense," *1ª Conferência Int. Virtual sobre Qual. Carne Suína*, vol. 1, no. 1, pp. 76–87, 2000.
- [35] M. A. G. Meliciano, "Bem-estar animal em suínos e efeitos em alguns parâmetros da segurança e qualidade da carne.," Instituto Politécnico de Santarém, 2011.

- [36] P. Chevillon, "O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento," *1ª Conferência Int. Virtual sobre Qual. Carne Suína*, pp. 152–168, 2000.
- [37] K. Rosenvold and H. J. Andersen, "Factors of significance for pork quality – a review," no. July, pp. 219–237, 2003, doi: 10.1016/S0309-1740(02)00186-9.
- [38] G. Eikelenboom, A. H. Bolink, and W. Sybesma, "Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield," *Meat Sci.*, vol. 29, no. 1, pp. 25–30, 1991, doi: 10.1016/0309-1740(91)90020-Q.
- [39] L. Faucitano, "Efeitos do Manuseio Pré-Abate sobre o Bem-Estar e sua Influência sobre a Qualidade de Carne," 2000.
- [40] R. Kilgour and C. Dalton, *Livestock Behaviour*, vol. 6, no. 11. CRC Press, 2019.
- [41] G. Van Putten, "Handling of Slaughter Pigs Prior to Loading and during Loading on a Lorry," in *Transport of Animals Intended for Breeding, Production and Slaughter*, 1981, pp. 15–27.
- [42] P. Barton Gade and L. Christensen, "Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs," *Meat Sci.*, vol. 48, no. 3–4, pp. 237–247, 1998, doi: 10.1016/S0309-1740(97)00098-3.
- [43] P. Barton Gade, "Effect of different stocking densities during transport on pig welfare.pdf," in *46th International Congress of Meat Science and Technology*, 2000, pp. 134–135.
- [44] M. Gerritzen, M. Marahrens, H. Reimert, V. . Hindle, and K. Steinkamp, "The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport," *Anim. Consort.*, pp. 1849–1857, 2013, doi: 10.1017/S1751731113001523.
- [45] P. D. Warriss, S. N. Brown, T. G. Knowles, J. E. Edwards, P. J. Kettlewell, and H. J. Guise, "The effect of stocking density in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs: 2. Results from the analysis of blood and meat samples," *Meat Sci.*, vol. 50, no. 4, pp. 447–456, 1998, doi: 10.1016/S0309-1740(98)00057-6.
- [46] A. Fortin, "The effect of transport time from the assembly yard to the abattoir and resting time at the abattoir on pork quality," *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 82, no. 2, pp. 141–150, 2002, doi: 10.4141/A00-097.
- [47] P. . Warriss, "THE EFFECT OF TIME AND CONDITIONS OF TRANSPORT AND LAIRAGE ON PIG MEAT QUALITY," *Outlook Agric.*, vol. 16, no. 4, Dec. 1987, doi: 10.1177/003072708701600419.
- [48] European Commission, "The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle)," 2002.
- [49] S. J. G. Hall and R. H. Bradshaw, "Welfare Aspects of the Transport by Road of Sheep and Pigs," *J. Appl. Anim. Welf. Sci.*, pp. 235–254, 1998, doi: 10.1207/s15327604jaws0103.
- [50] J. Costa, "Impacto do transporte e do tempo na abegoaria no pH das carcaças de vitela, em condições comerciais," p. 83, 2013.
- [51] J. M. Randall and R. H. Bradshaw, "Vehicle motion and motion sickness in pigs," *Anim. Sci.*, vol. 66, no. 1, pp. 239–245, 1998, doi: 10.1017/S1357729800009012.
- [52] N. Gregory and T. Grandin, *Animal Welfare and Meat Science*. CABI, 1998.
- [53] L. Faucitano and A. L. Schaefer, *Welfare of pigs: From birth to slaughter*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2008.
- [54] L. N. Costa, D. P. Lo Fiego, S. D. Olio, R. Davoli, and V. Russo, "Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype," vol. 61, pp. 41–47, 2002.
- [55] L. Faucitano, "Effects of lairage and slaughter conditions on animal welfare and pork quality," *Can. J. Anim. Sci.*, vol. 90, no. 4, pp. 461–469, 2010, doi: 10.4141/CJAS10020.
- [56] D. J. Newman, C. C. Carr, M. H. Ryan, J. Meisinger, and E. P. Berg, "The effect of transport vehicle, lairage and harvest day on pork quality," in *52nd International Congress of Meat Science and Technology*, D. Troy, R. Pearce, B. Byrne, and J. Kerry, Eds.

- The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2006, pp. 179–180.
- [57] S. de A. Loureiro, “Bem-estar de suínos e aves em contexto de abate,” Universidade do Porto, 2017.
- [58] A. D. Leman, *Swine conference: The evolution of the swine veterinary profession*. Minnesota: Veterinary Continuing Education and Extension, 1993.
- [59] R. A. Lawrie and D. A. Ledward, *Lawrie’s meat science*, 7th ed. Woodhead Publishing Limited, 2006.
- [60] H. A. Channon, A. M. Payne, and R. D. Warner, “Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality,” *Meat Sci.*, vol. 56, no. 3, pp. 291–299, 2000, doi: 10.1016/S0309-1740(00)00056-5.
- [61] M. Hviid, M. Darré, and J. Wurtz, “Thawing of pork loin,” in *63rd International Congress of Meat Science and Technology*, 2017, pp. 194–195.
- [62] V. Tomovic, L. Petrovic, N. Dzinic, T. Tasic, and P. Ikonic, “The effect of accelerated chilling of carcasses on pork semimembranosus muscle colour,” in *52nd International Congress of Meat Science and Technology*, D. Troy, R. Pearce, B. Byrne, and J. Kerry, Eds. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2006, pp. 597–598.
- [63] E. Kurt and R. E. Klont, “Effects of pH- and temperature decline curves on pork quality determined under different commercial chilling conditions,” in *52nd International Congress of Meat Science and Technology*, vol. 0, D. Troy, R. Pearce, B. Byrne, and J. Kerry, Eds. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2006, pp. 645–646.
- [64] E. Huff-Lonergan and J. Page, “The Role of Carcass Chilling in the Development of Pork Quality,” *Natl. Pork Board, Am. Meat Sci. Assoc. Fact Sheet*, no. January 2001, pp. 1–6, 2006.
- [65] F. Adzitey and H. Nurul, “Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences - a mini review,” *Int. Food Res. J.*, vol. 18, no. 1, pp. 11–20, 2011.
- [66] A. M. Pearson and R. B. Young, *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic Press Limited, 1989.
- [67] J. V. Peloso, “Tratamento pós-abate das carcaças e os desvios de qualidade na transformação músculo-carne em suínos,” *1ª Conferência Int. Virtual sobre Qual. Carne Suína*, 2000.
- [68] Embrapa Suínos e Aves, “Simpósio sobre rendimento e qualidade da carne suína,” 1998.
- [69] G. Offer, P. Knight, R. Jeacocke, R. Almond, and T. Cousins, “The Structural Basis of the Water-Holding, Appearance and Toughness of Meat and Meat Products,” in *Food Microstructure*, vol. 8, 1989, pp. 151–170.
- [70] T. Olegario, J. Santos, I. Fornazari, G. Ribeiro dos Santos, and G. Santos, “Carnes PSE e DFD em aves e suínos,” 2007.
- [71] L. Towers, “Pork Meat Quality: Understanding Industry Measurements and Guidelines,” 2016. <https://www.thepigsite.com/articles/pork-meat-quality-understanding-industry-measurements-and-guidelines> (accessed Jun. 10, 2021).
- [72] K. O. Honikel, “Moisture and Water-Holding Capacity,” in *Handbook of Food Analysis*, L. M. L. Nollet and F. Toldra, Eds. CRC Press, 2009, pp. 315–334.
- [73] A. J. F. Raimundo, “Análise das categorias da qualidade da carne de suíno num matadouro,” *Rev. Ciências Agrárias*, vol. 40, no. SP, pp. S365–S377, 2017, doi: 10.19084/rca16206.
- [74] J. P. Batista, B. Giangareli, and A. M. Bridi, “Cor de músculos provenientes do lombo e do pernil de suínos,” *Xxv Congr. Bras. Zootec.*, 2015.
- [75] M. Skrlep and M. Candek-Potokar, “Pork color measurement as affected by bloom time and measurement location,” vol. 18, no. 2007, pp. 78–87, 2006.
- [76] Konica Minolta, “Precise color communication.” 2007.

- [77] R. Limsupavanich, S. Noidad, and N. Pothising, "Effects of marbling and bloom time on CIE L *, a *, and b * values of pork loins during 3-h of bloom," in *63rd International Congress of Meat Science and Technology*, 2017, pp. 224–225.
- [78] "Manual Instruction manual for EZ-DripLoss," no. May. 2020.

Anexo A - Modelo PLS

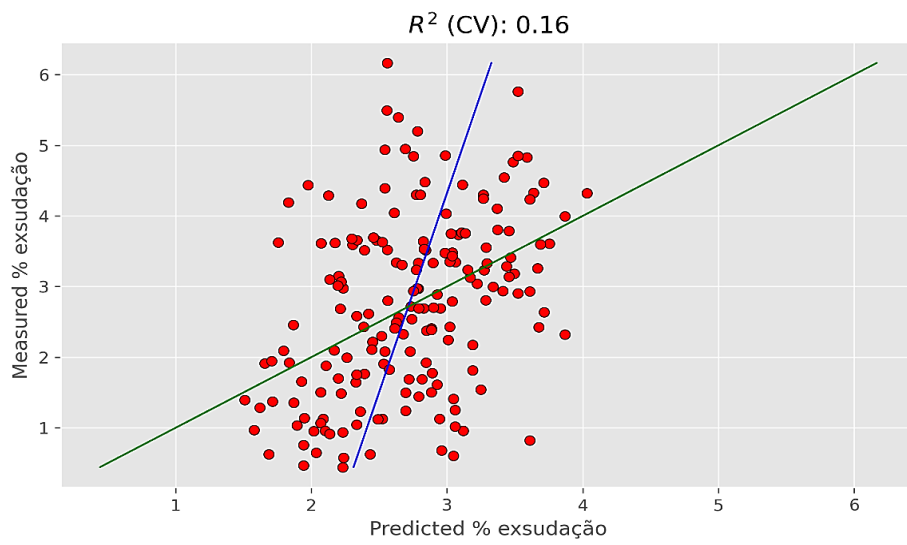


Figura A.1 - Coeficiente linear do método PLS, sem a variável luminosidade (L^*).

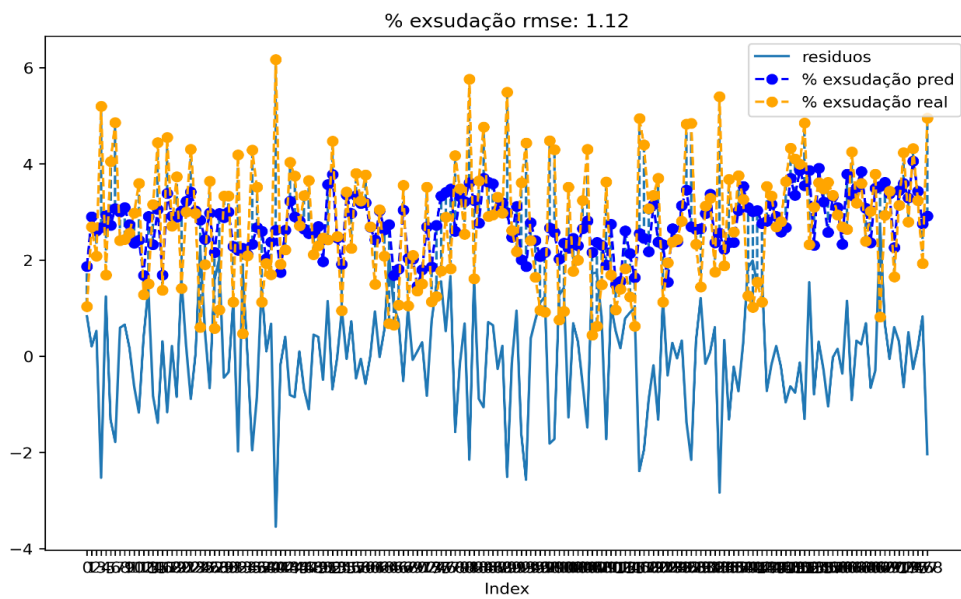


Figura A.2 - Erro do método PLS, sem a variável luminosidade (L^*).

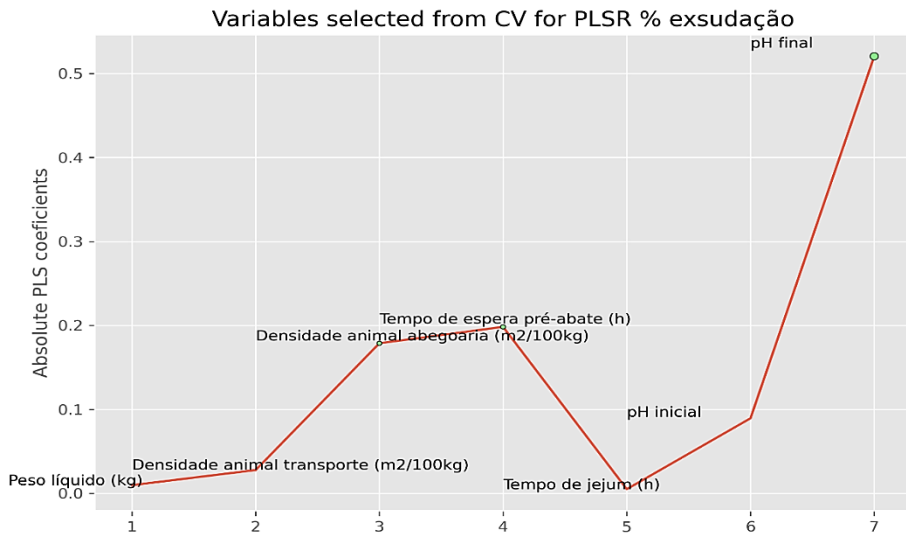


Figura A.3 - Fatores mais significativos na exsudação, sem a luminosidade (L^*), usando o método PLS.

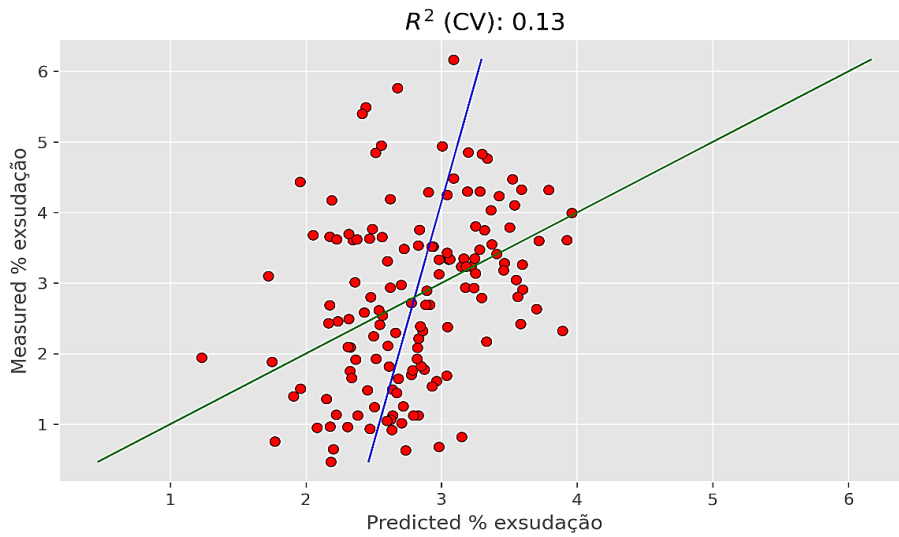


Figura A.4 - Coeficiente linear do método PLS, com a variável luminosidade (L^*).

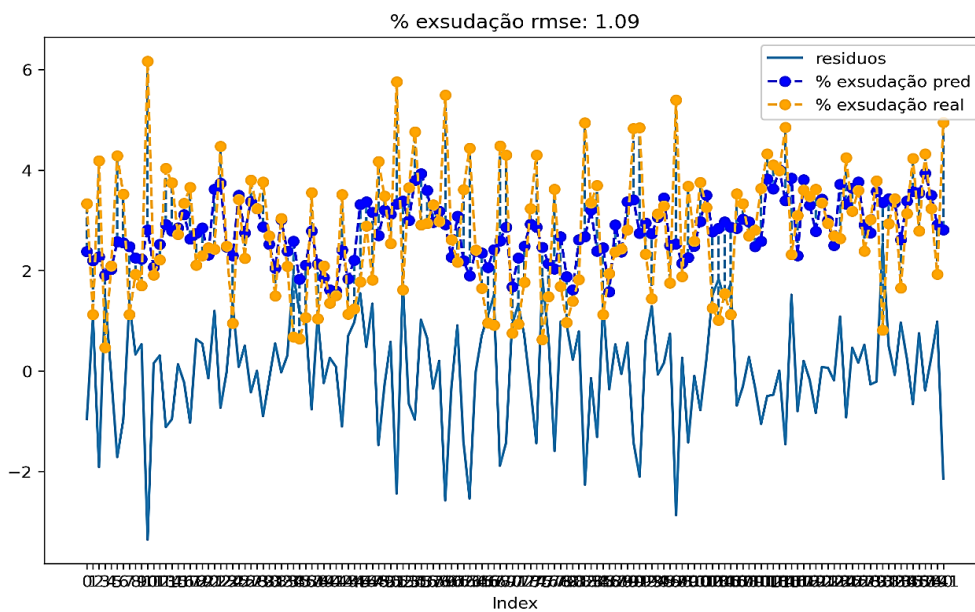


Figura A.5 - Erro do método PLS, com a variável luminosidade (L^*).

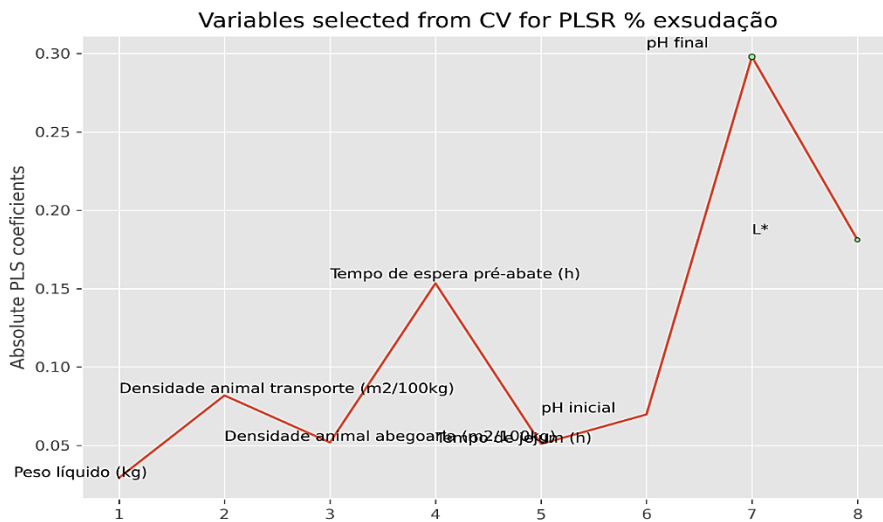


Figura A.6 - Fatores mais significativos na exsudação, com a luminosidade (L*), usando o método PLS.

Anexo B - Tratamento estatístico da variável exploração

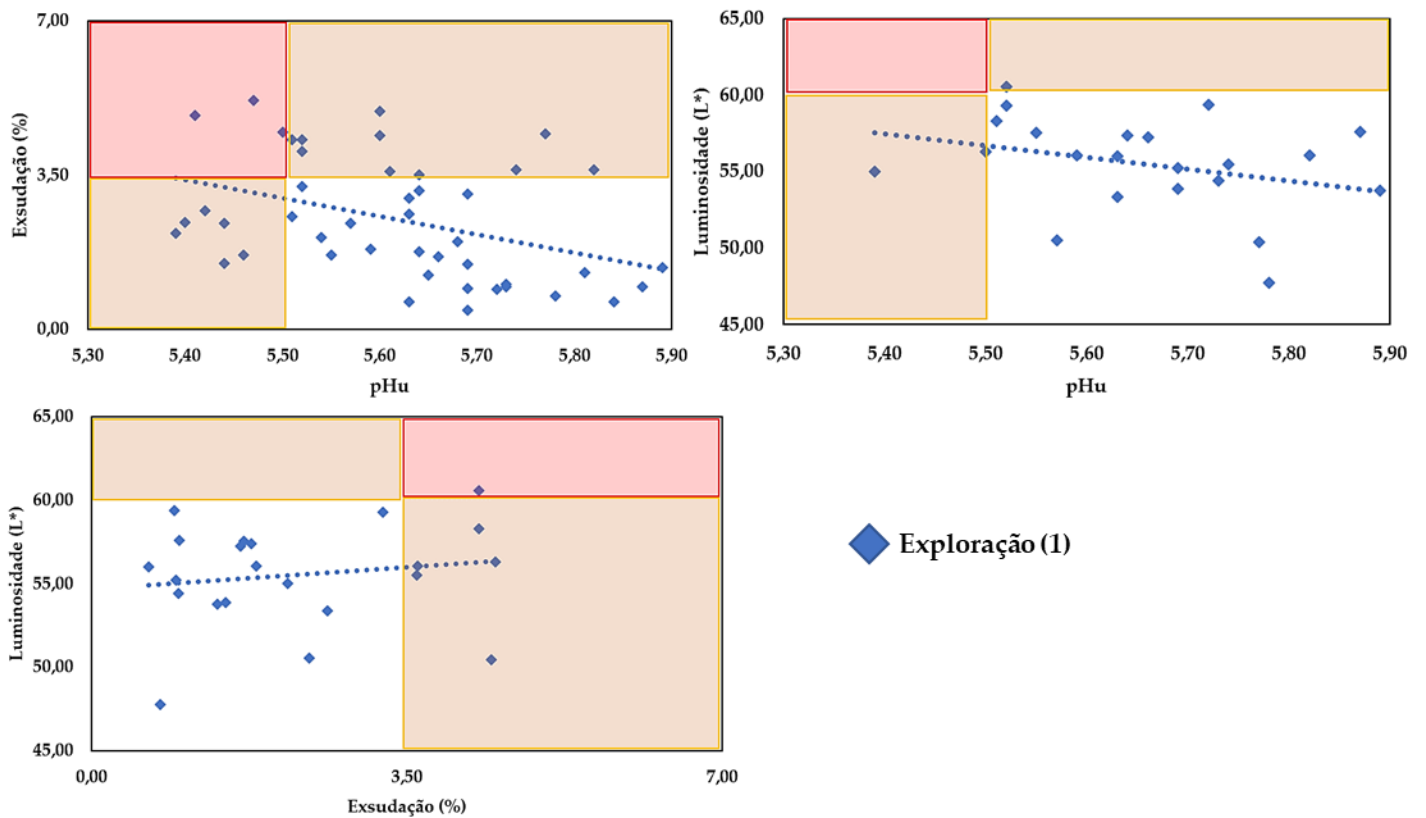


Figura B.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 1, com as linhas de tendência.

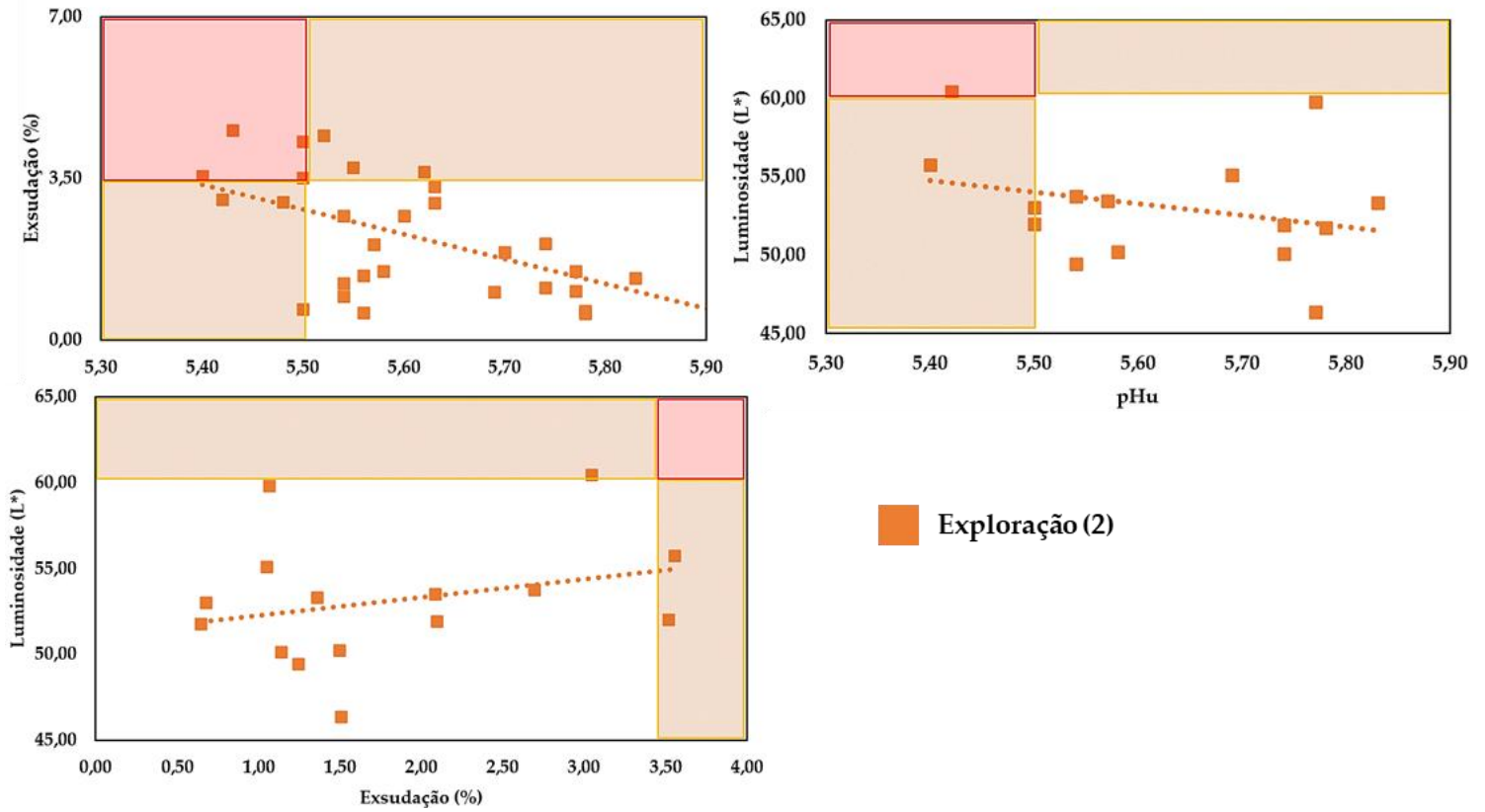


Figura B.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 2, com as linhas de tendência.

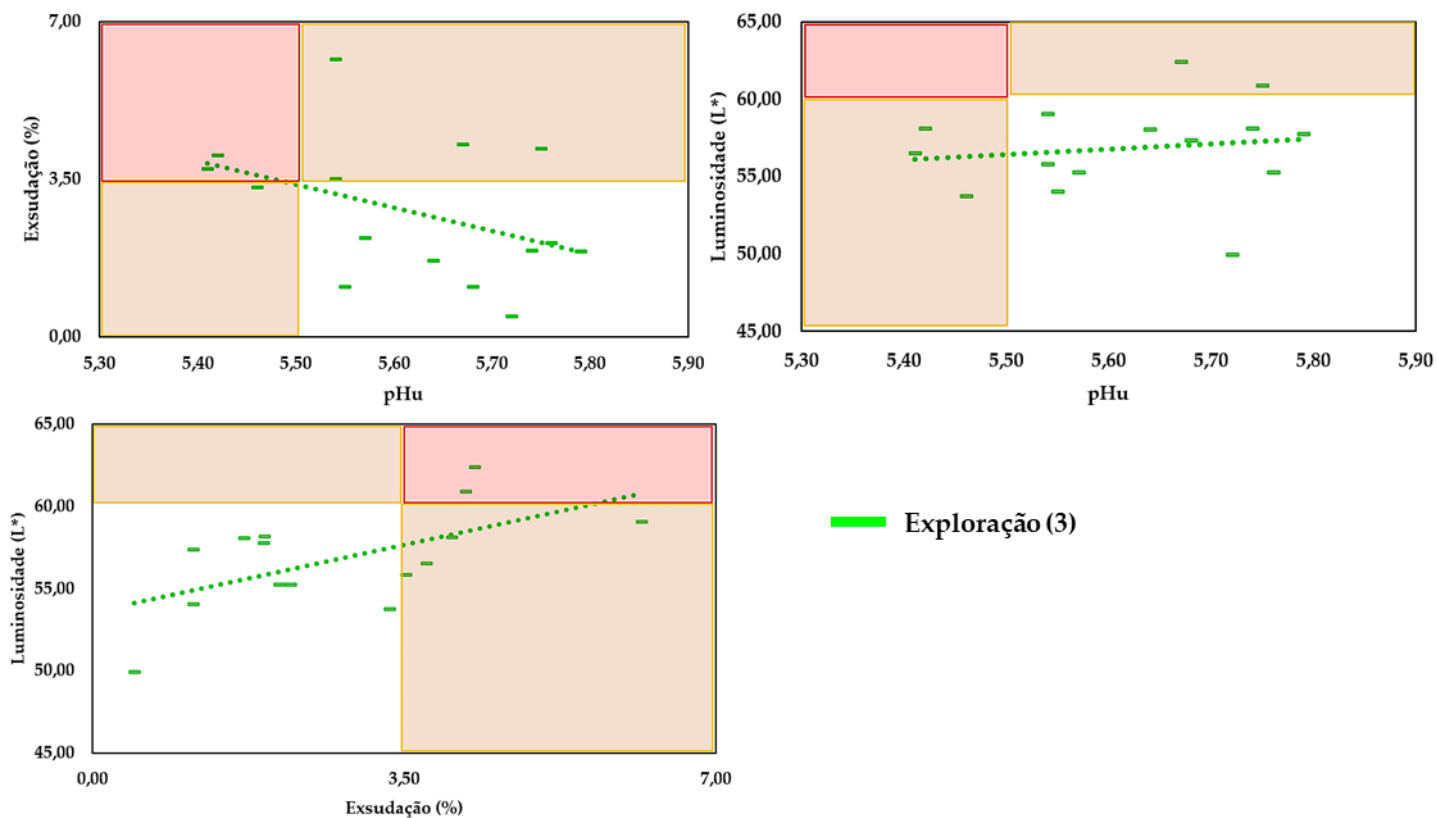


Figura B.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 3, com as linhas de tendência.

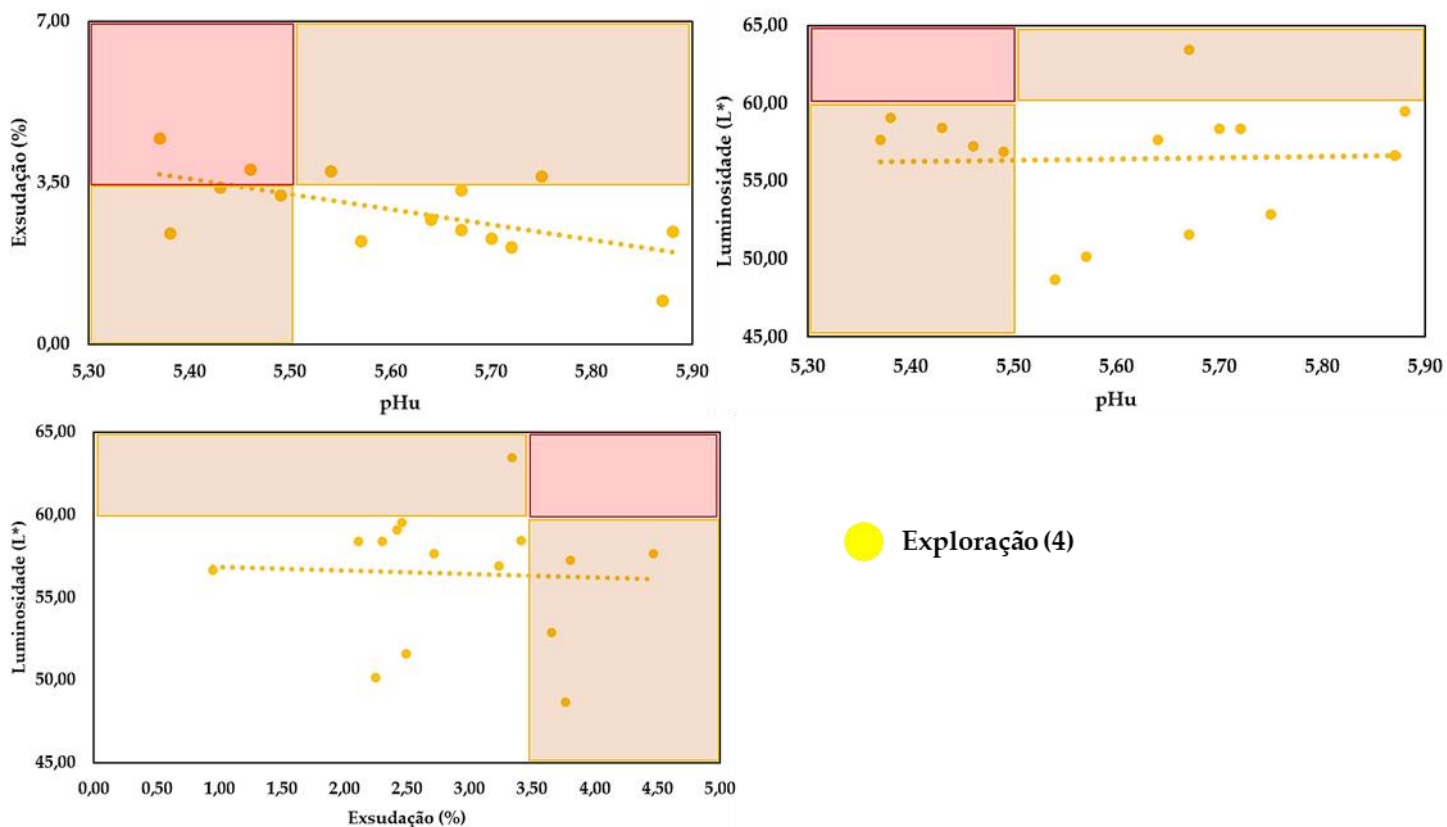


Figura B.4 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 4, com as linhas de tendência.

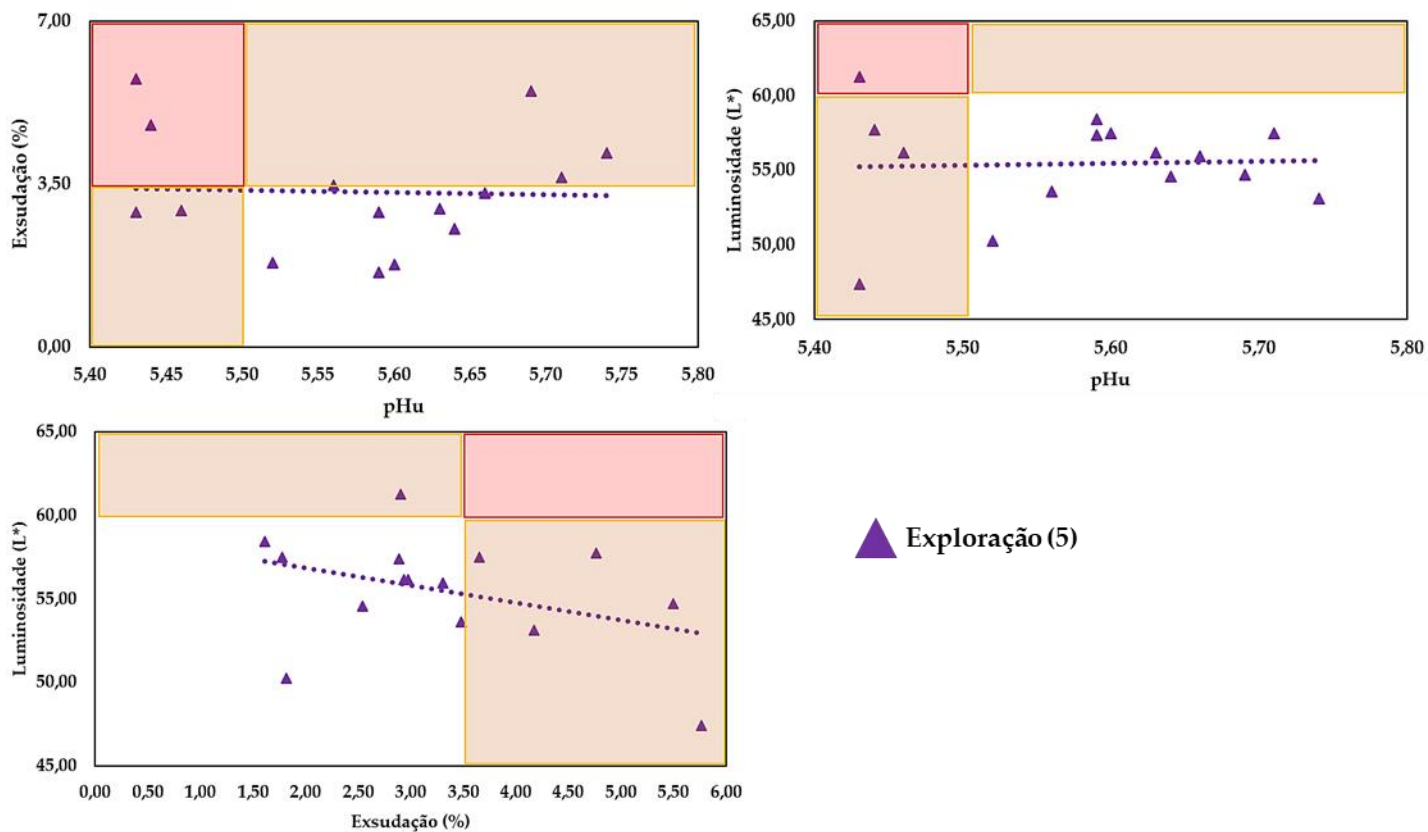


Figura B.5 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 5, com as linhas de tendência.

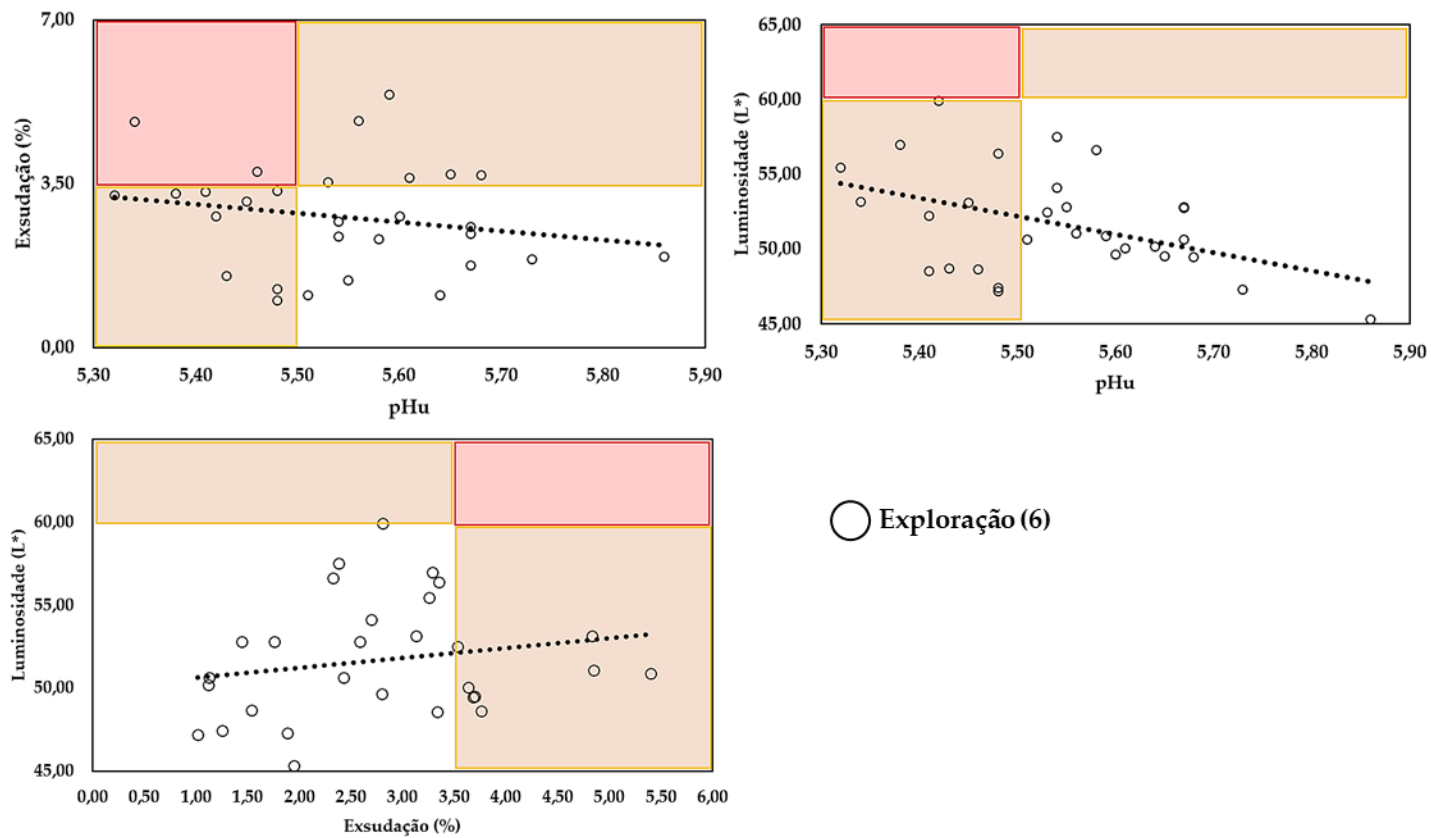
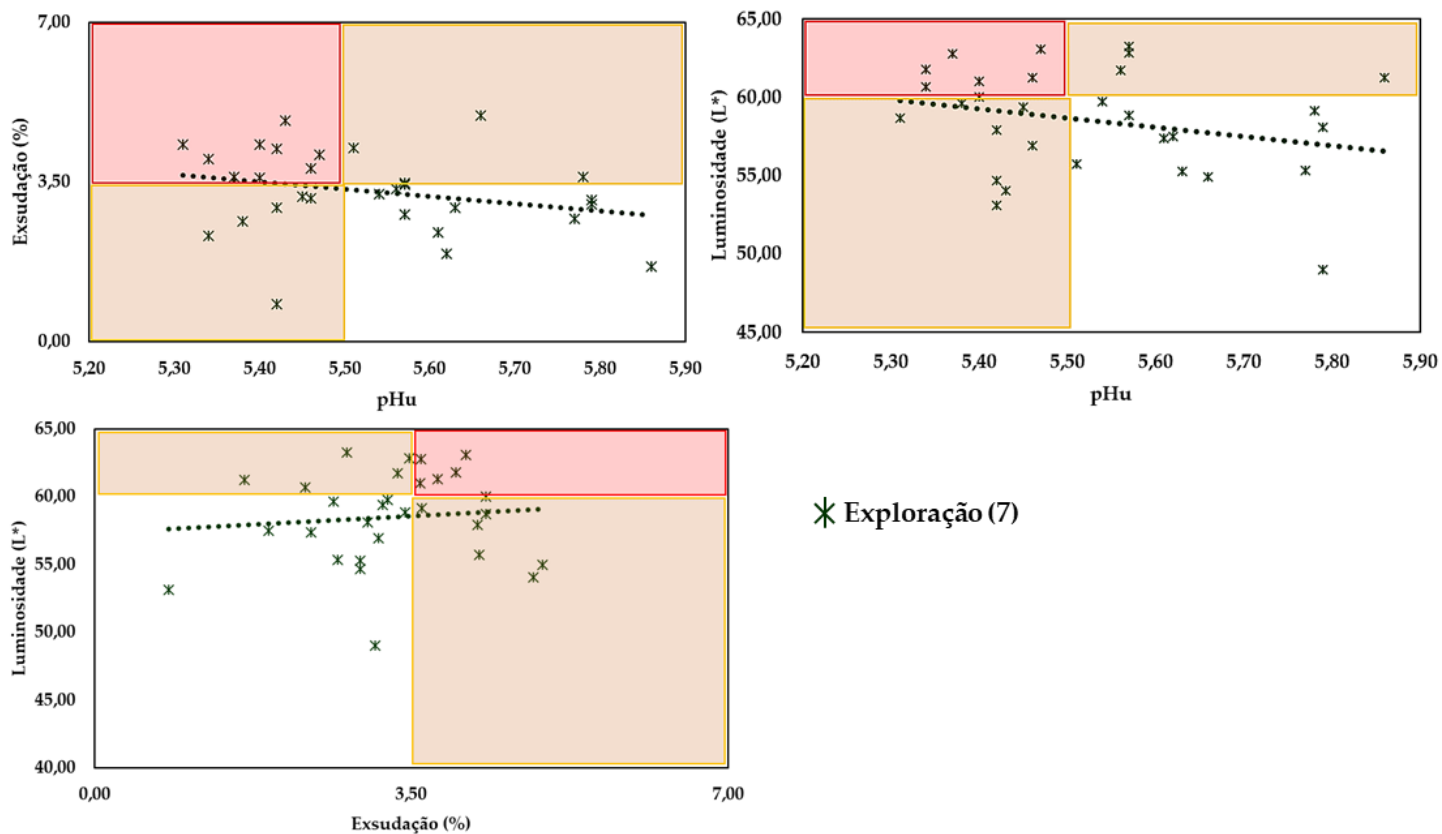


Figura B.6 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 6, com as linhas de tendência.



* Exploração (7)

Figura B.7 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) da exploração 7, com as linhas de tendência.

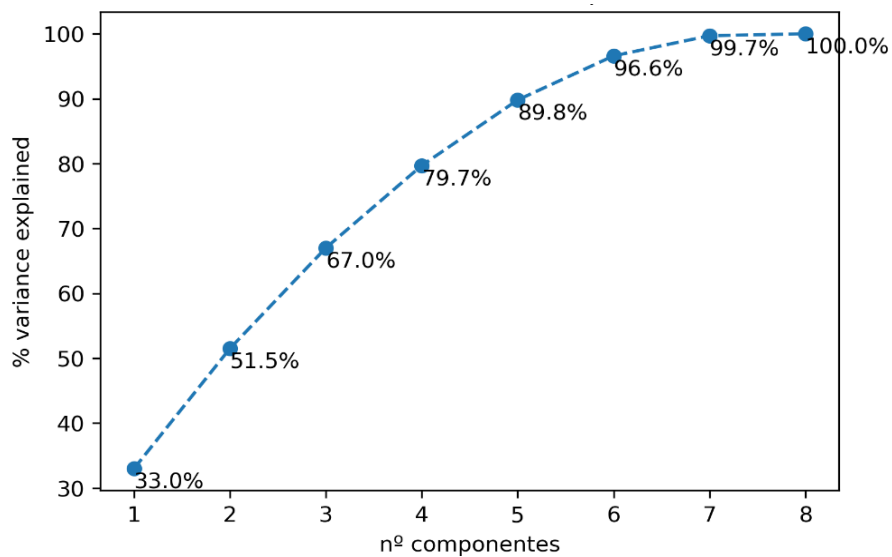


Figura B.8 - Explicação da percentagem de variabilidade da análise principal de componentes (PCA), em relação à exploração dos suínos, sem a variável luminosidade (L*).

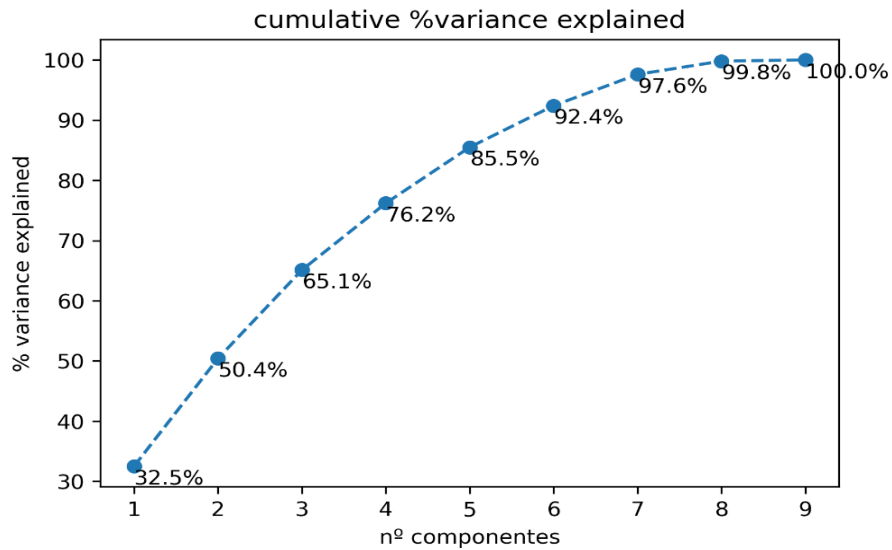


Figura B.9 - Explicação da percentagem de variabilidade da análise principal de componentes (PCA), em relação à exploração dos suínos, com a variável luminosidade (L*).

Anexo C - Tratamento estatístico da variável género

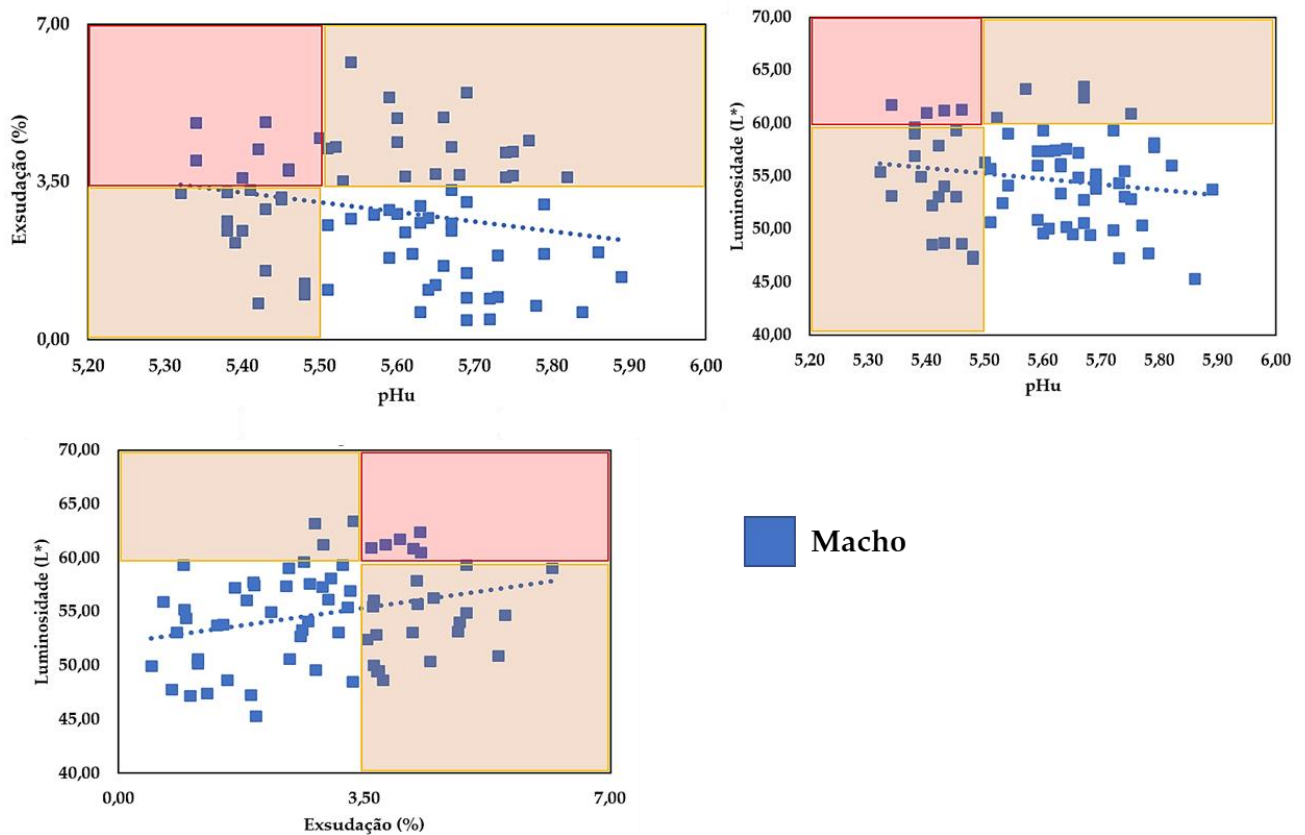


Figura C.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do género macho, com as linhas de tendência.

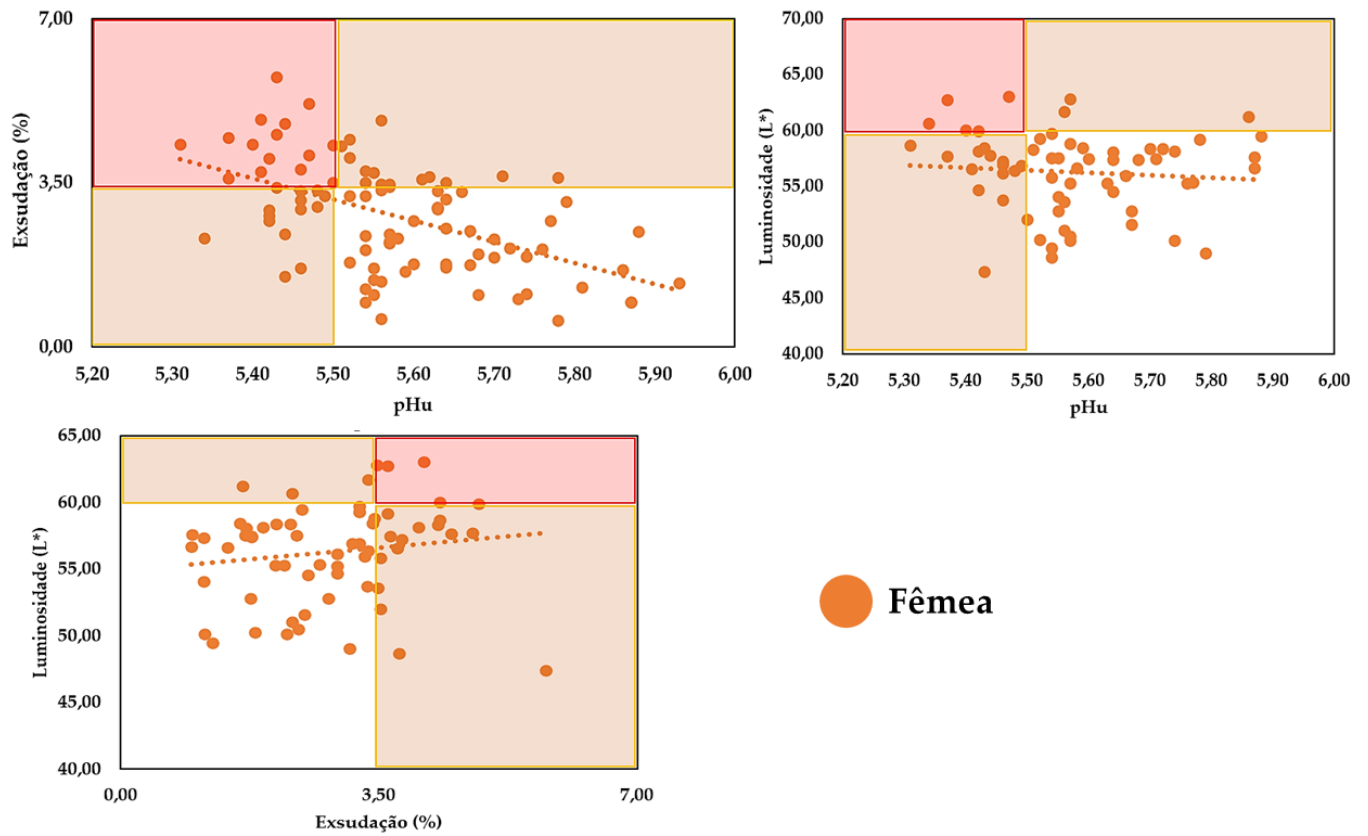


Figura C.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do gênero fêmea, com as linhas de tendência.

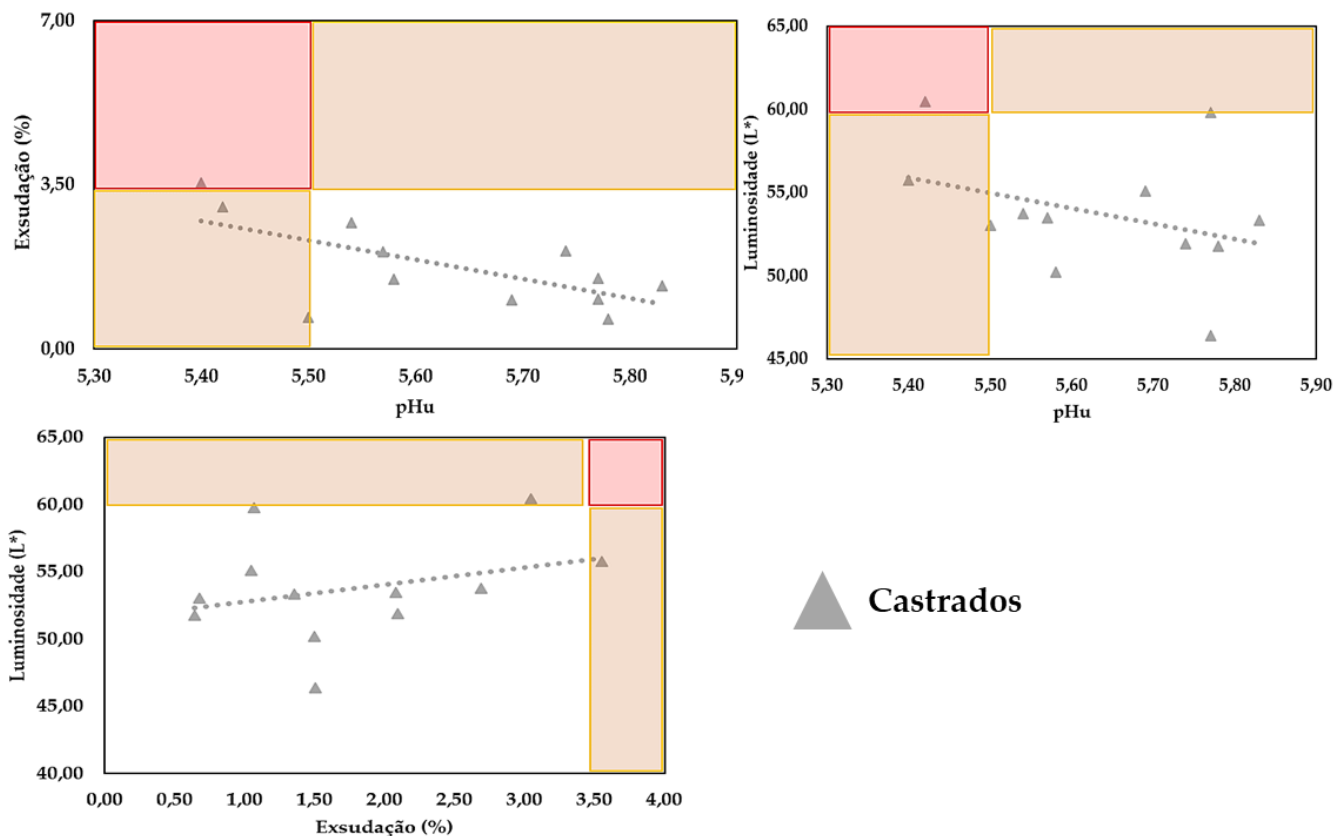


Figura C.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) dos animais castrados, com as linhas de tendência.

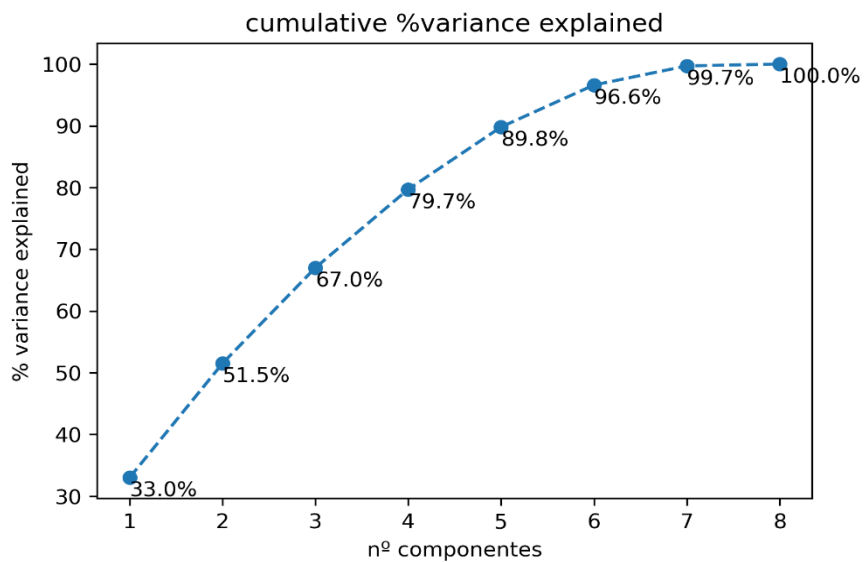


Figura C.4 - Explicação da percentagem de variabilidade da análise principal de componentes (PCA), em relação ao género dos suínos, sem a variável luminosidade (L*).

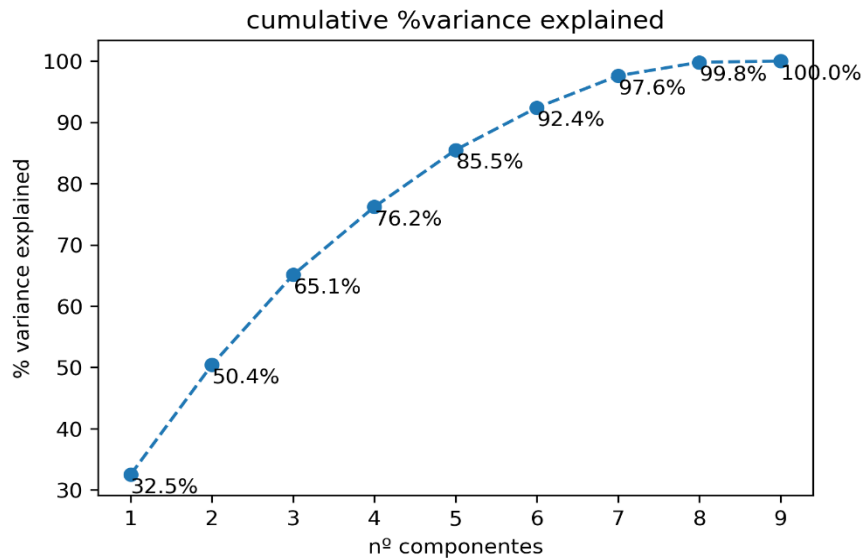


Figura C.5 - Explicação da percentagem de variabilidade da análise principal de componentes (PCA), em relação ao género dos suínos, com a variável luminosidade (L*).

Anexo D - Tratamento estatístico da variável peso líquido

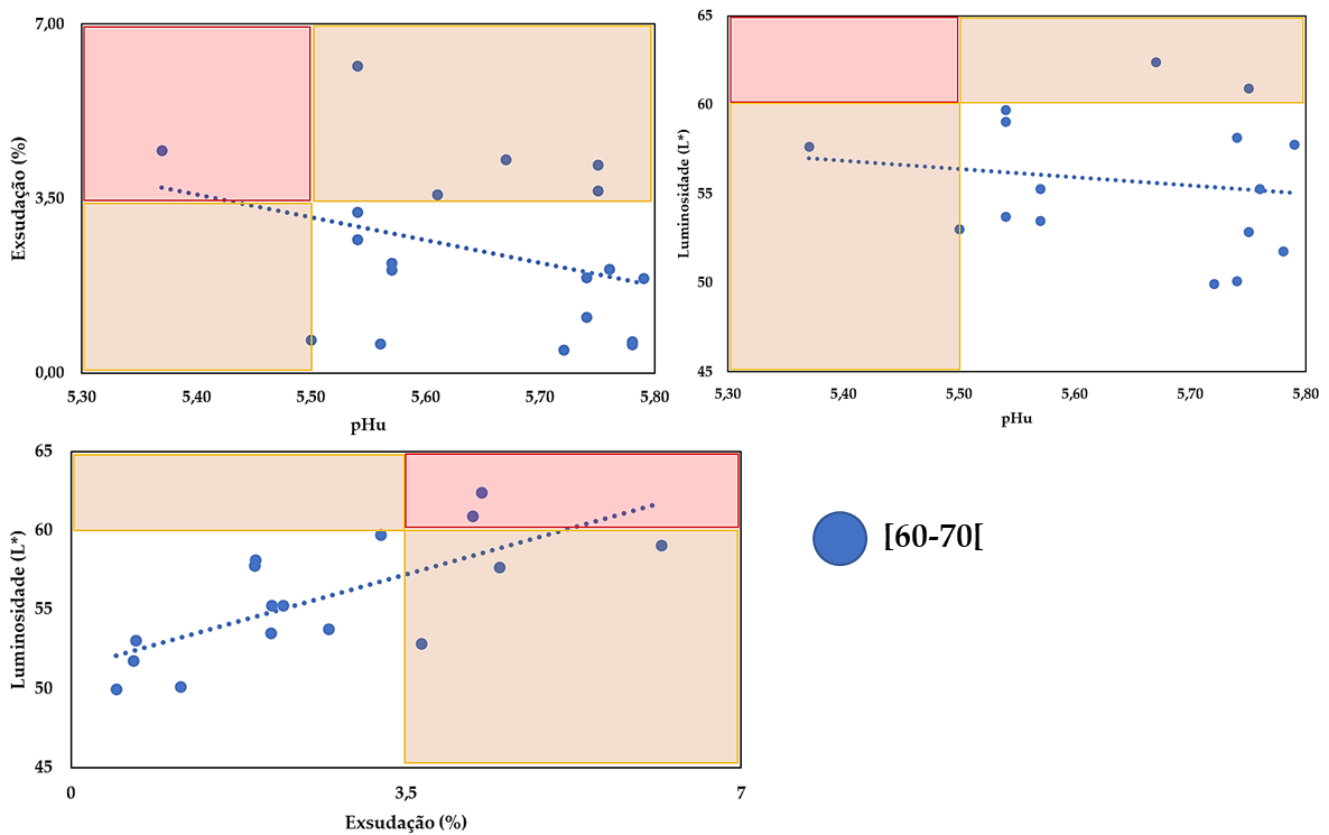


Figura D.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) das carcaças com o peso líquido [60-70], com as linhas de tendência.

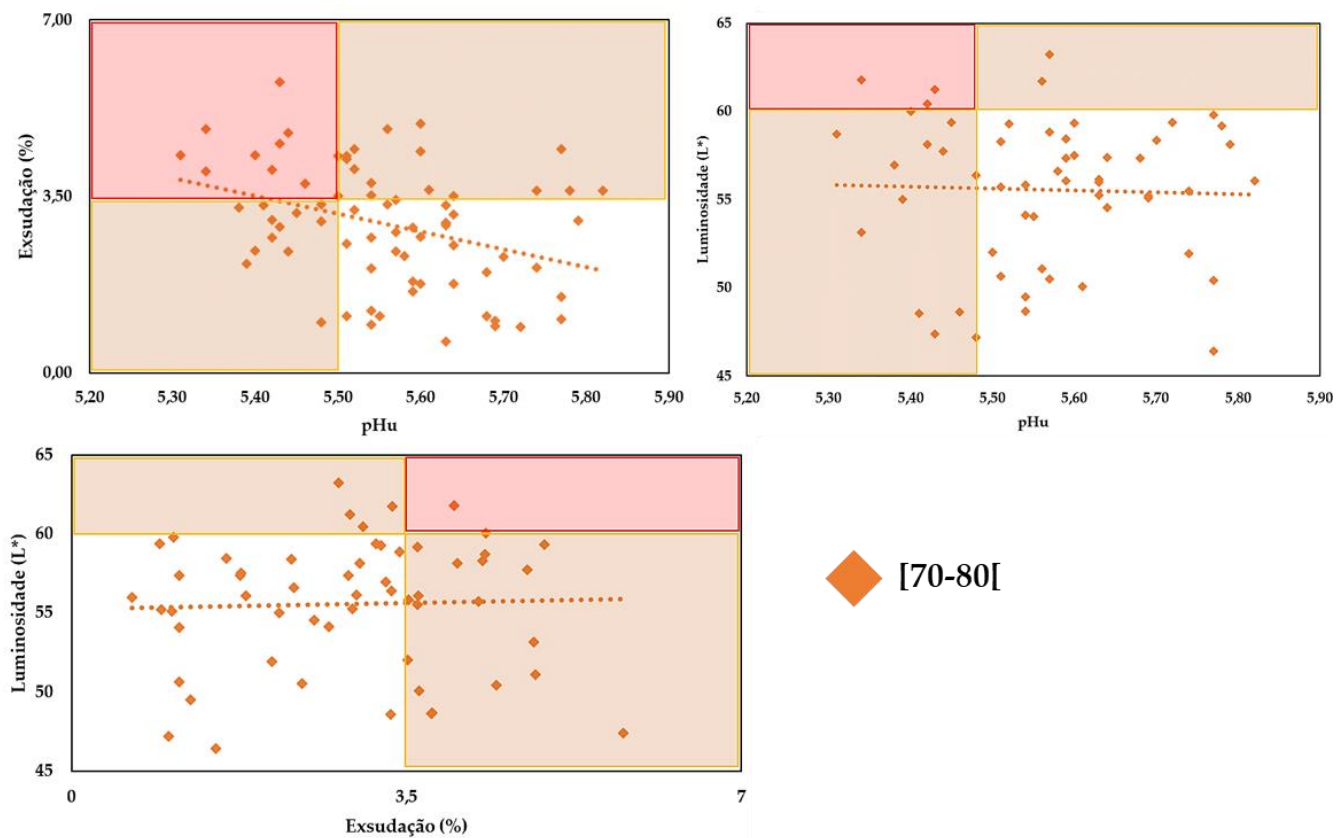


Figura D.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) das carcaças com o peso líquido [70-80], com as linhas de tendência.

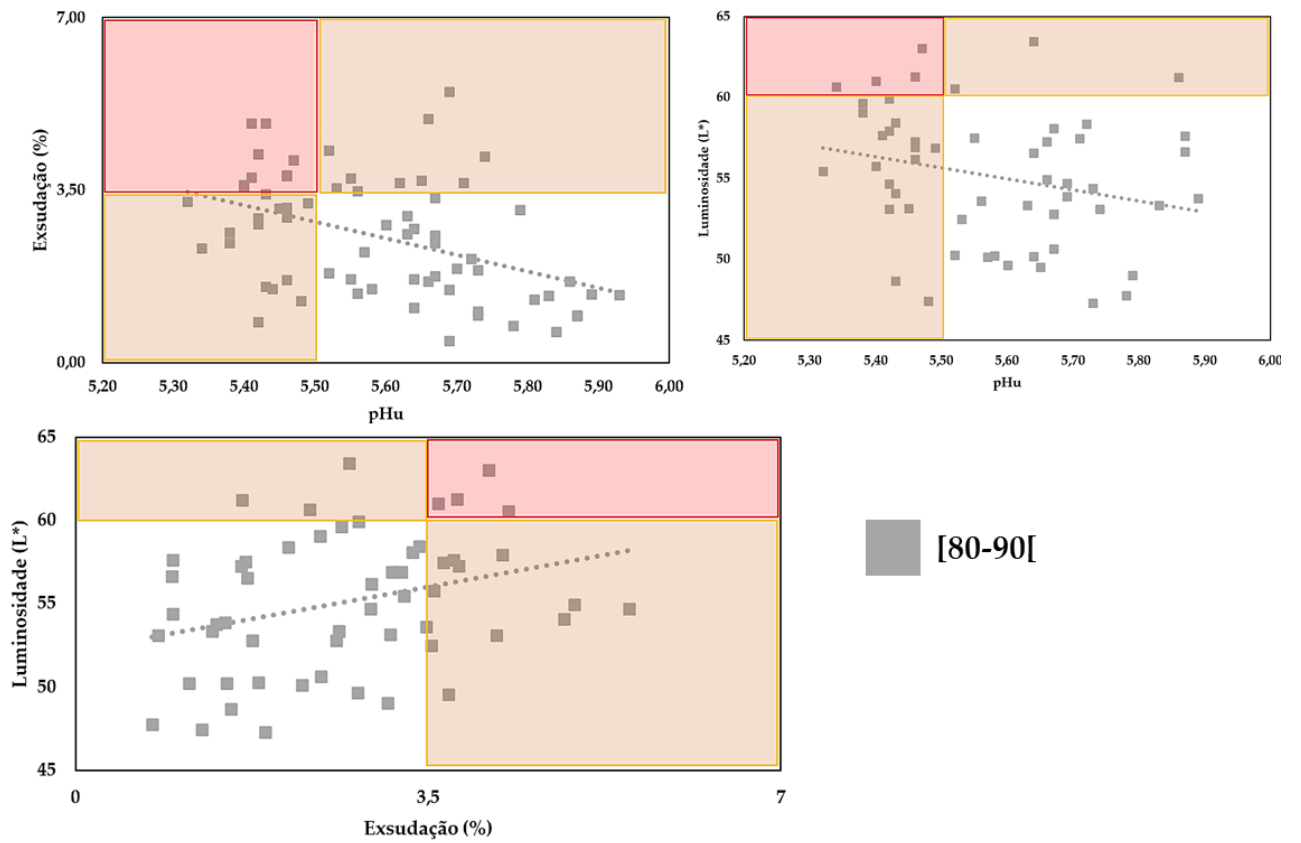


Figura D.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) das carcaças com o peso líquido [80-90], com as linhas de tendência.

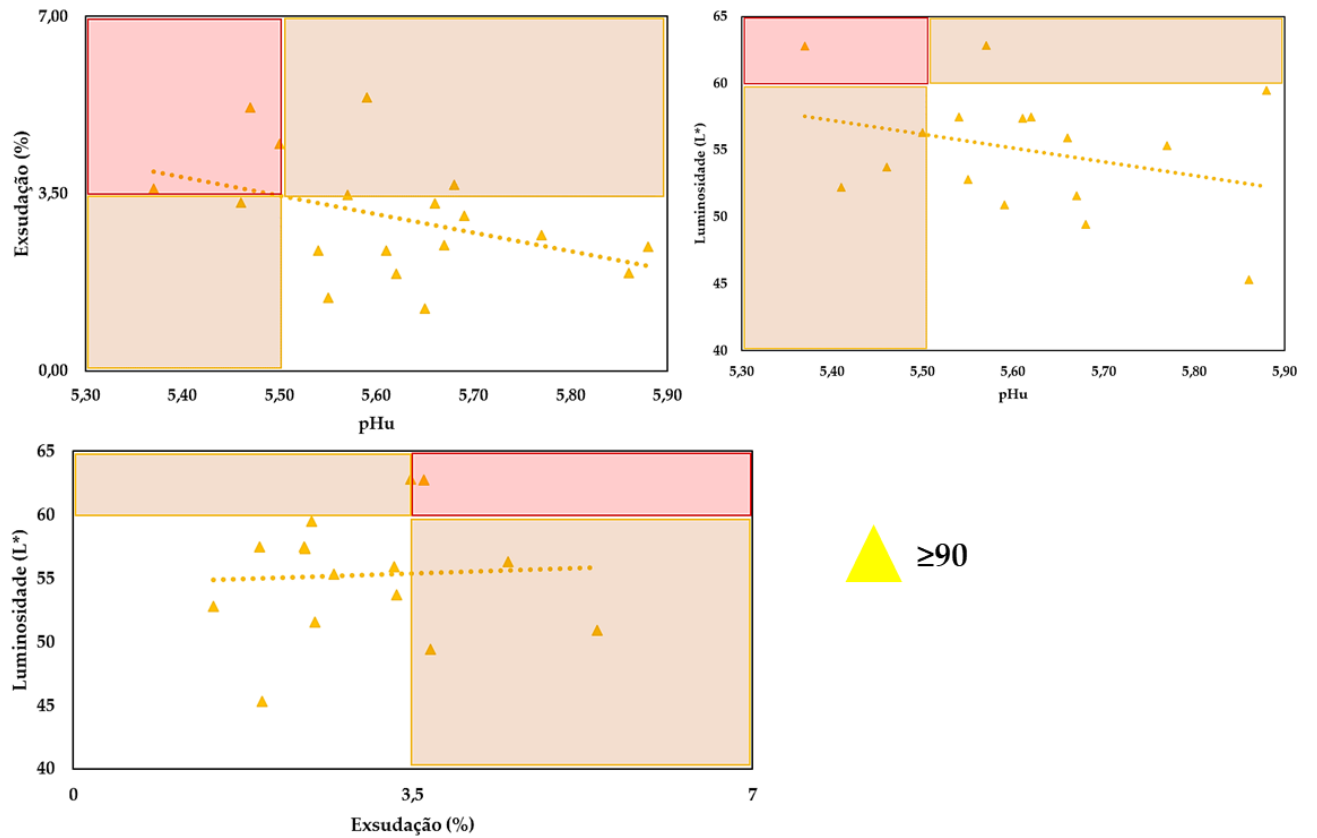


Figura D.4 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) das carcaças com o peso líquido ≥ 90 , com as linhas de tendência.

Anexo E - Tratamento estatístico da variável densidade animal no transporte

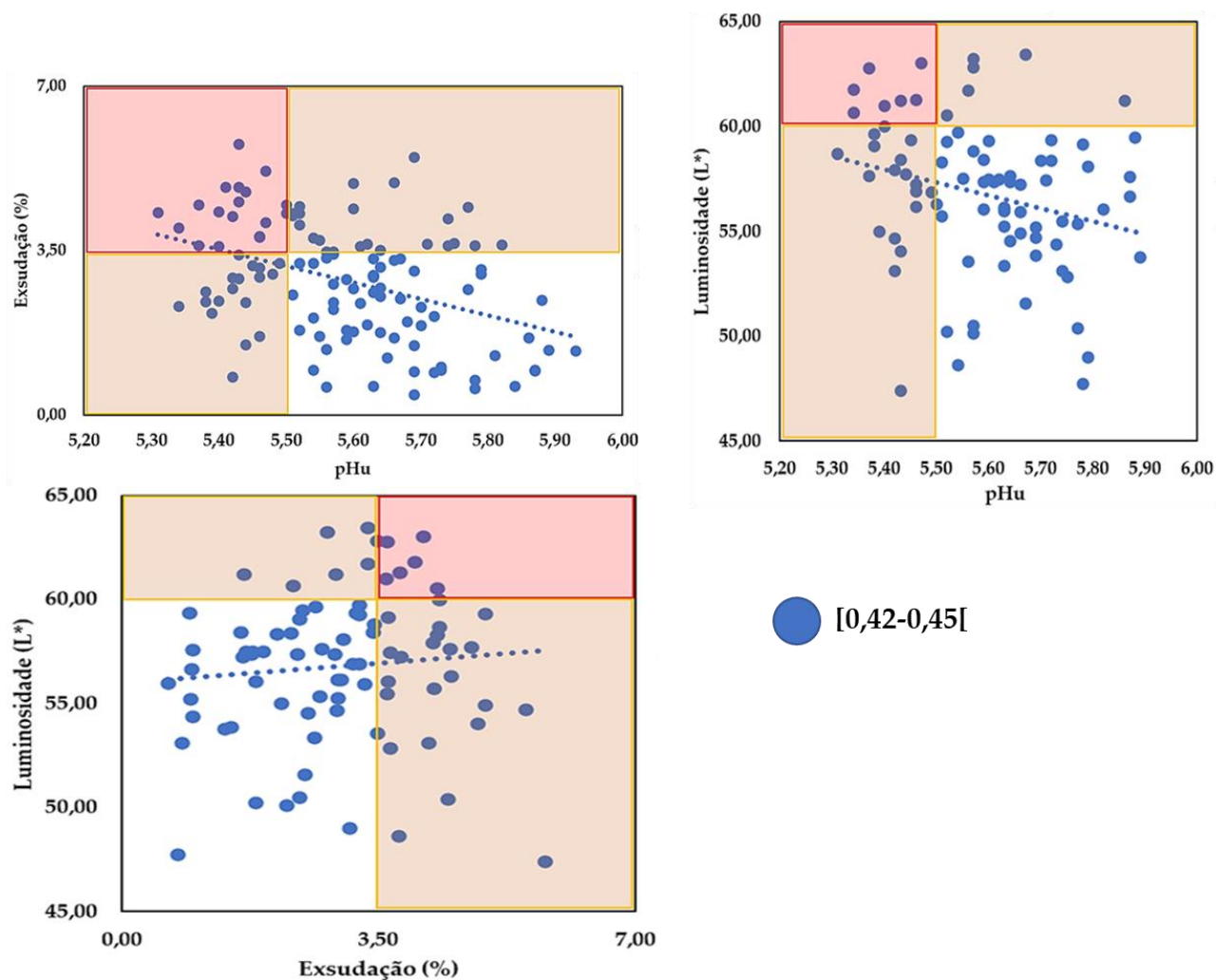


Figura E.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do intervalo [0,42-0,45[de densidade animal no transporte.

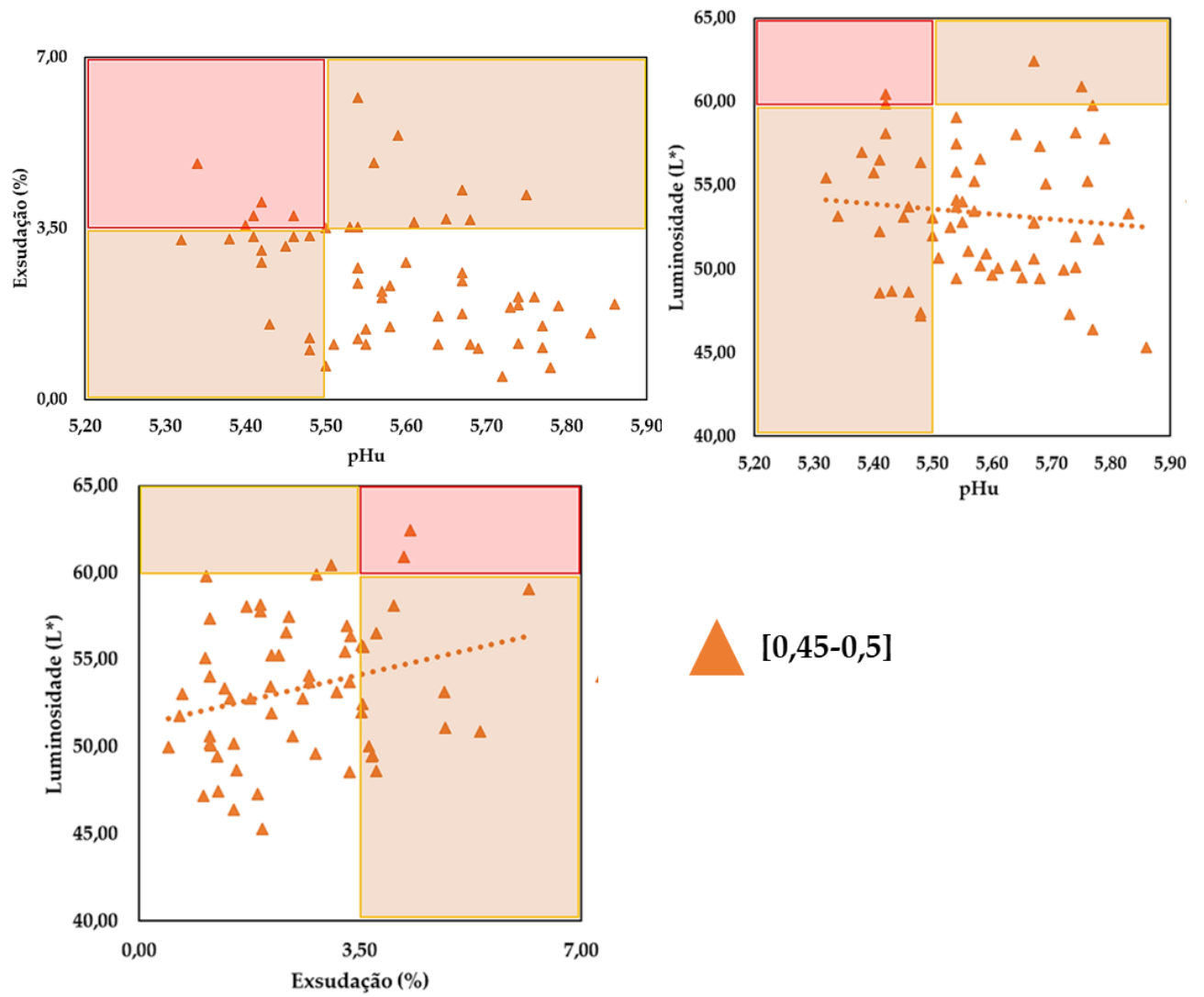


Figura E.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do intervalo [0,45-0,5] de densidade animal no transporte.

Anexo F - Tratamento estatístico da variável tempo de espera pré-abate

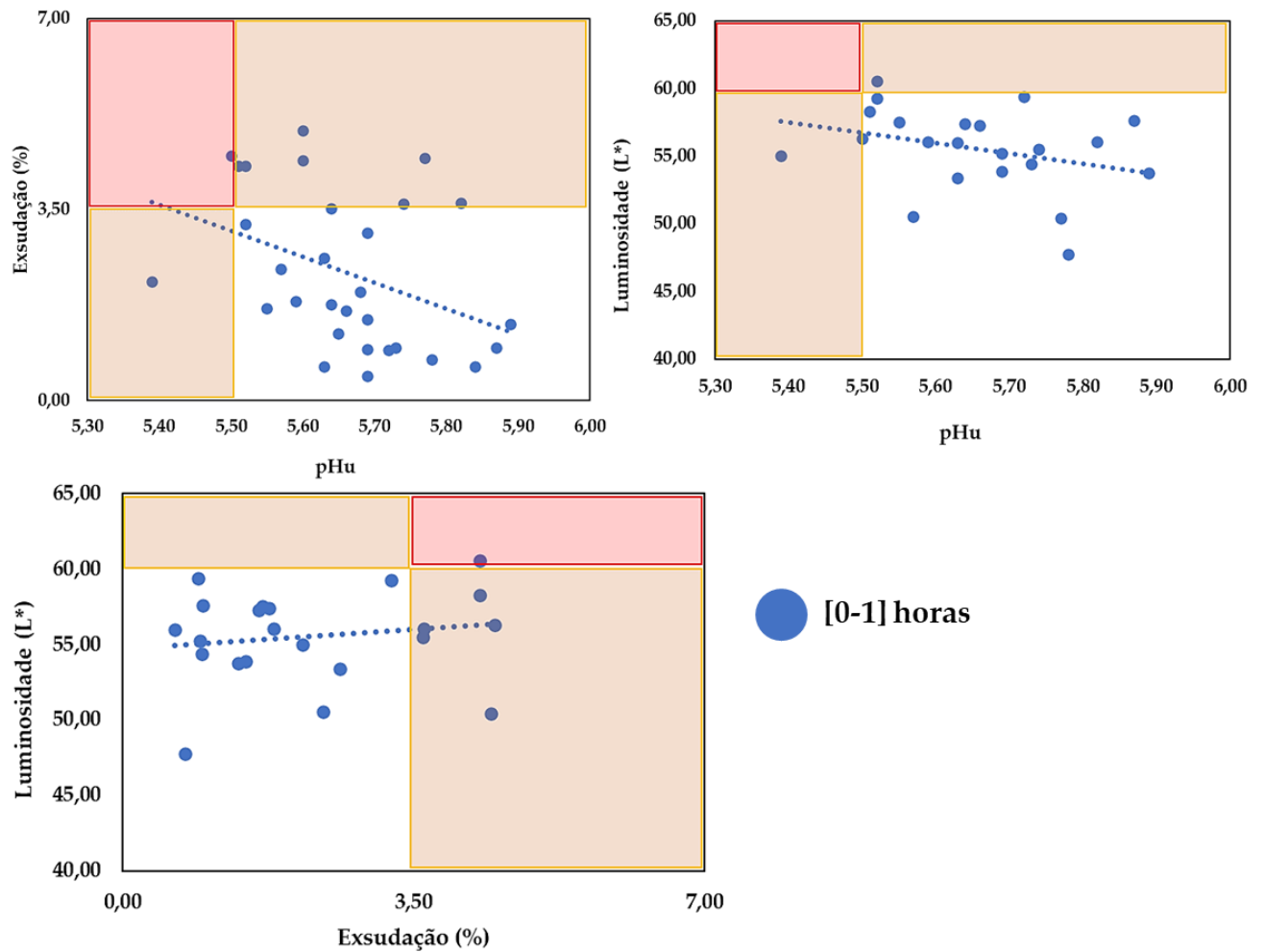


Figura F.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do tempo de espera pré-abate [0-1] horas.

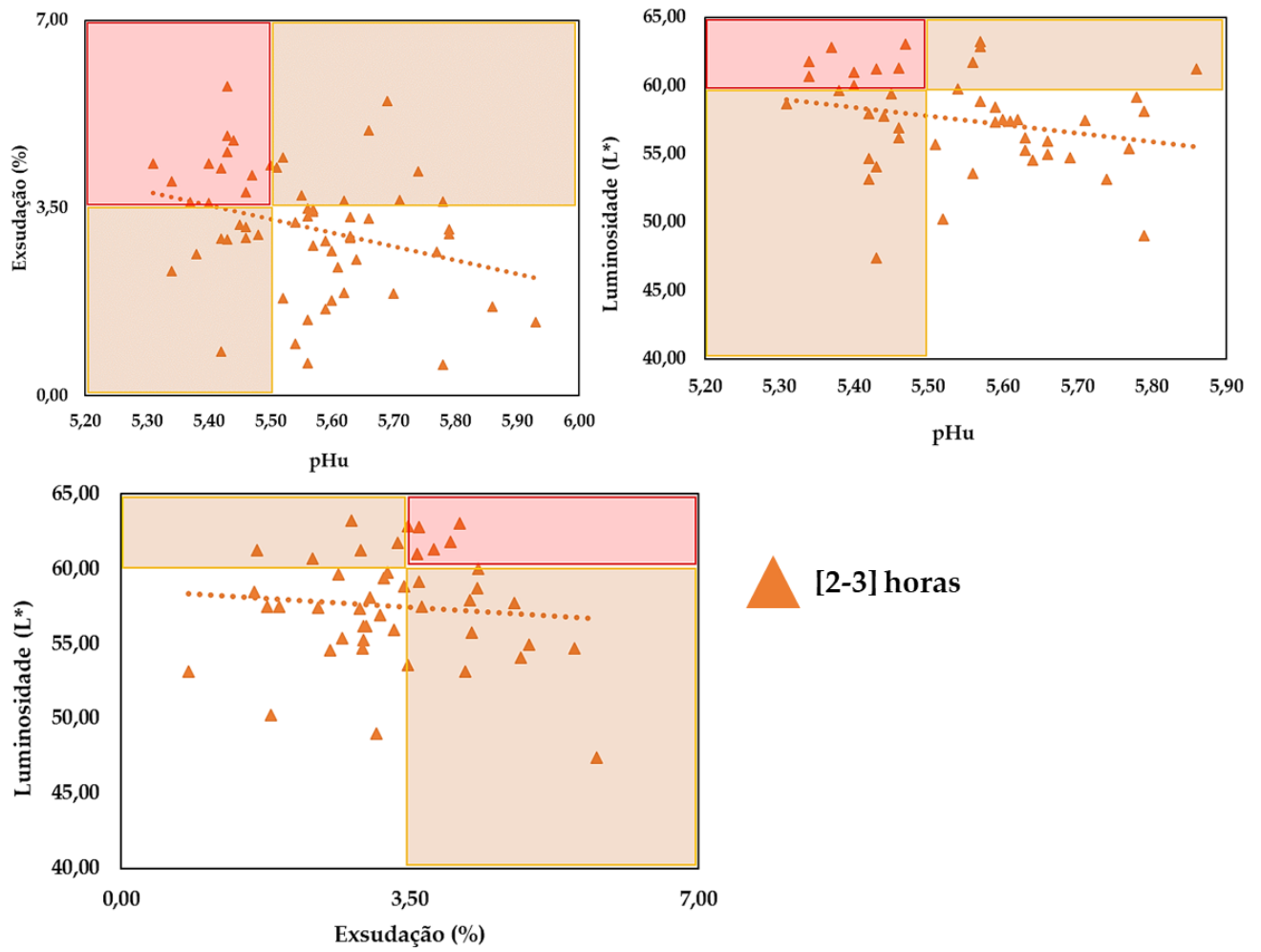


Figura F.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do tempo de espera pré-abate [2-3] horas.

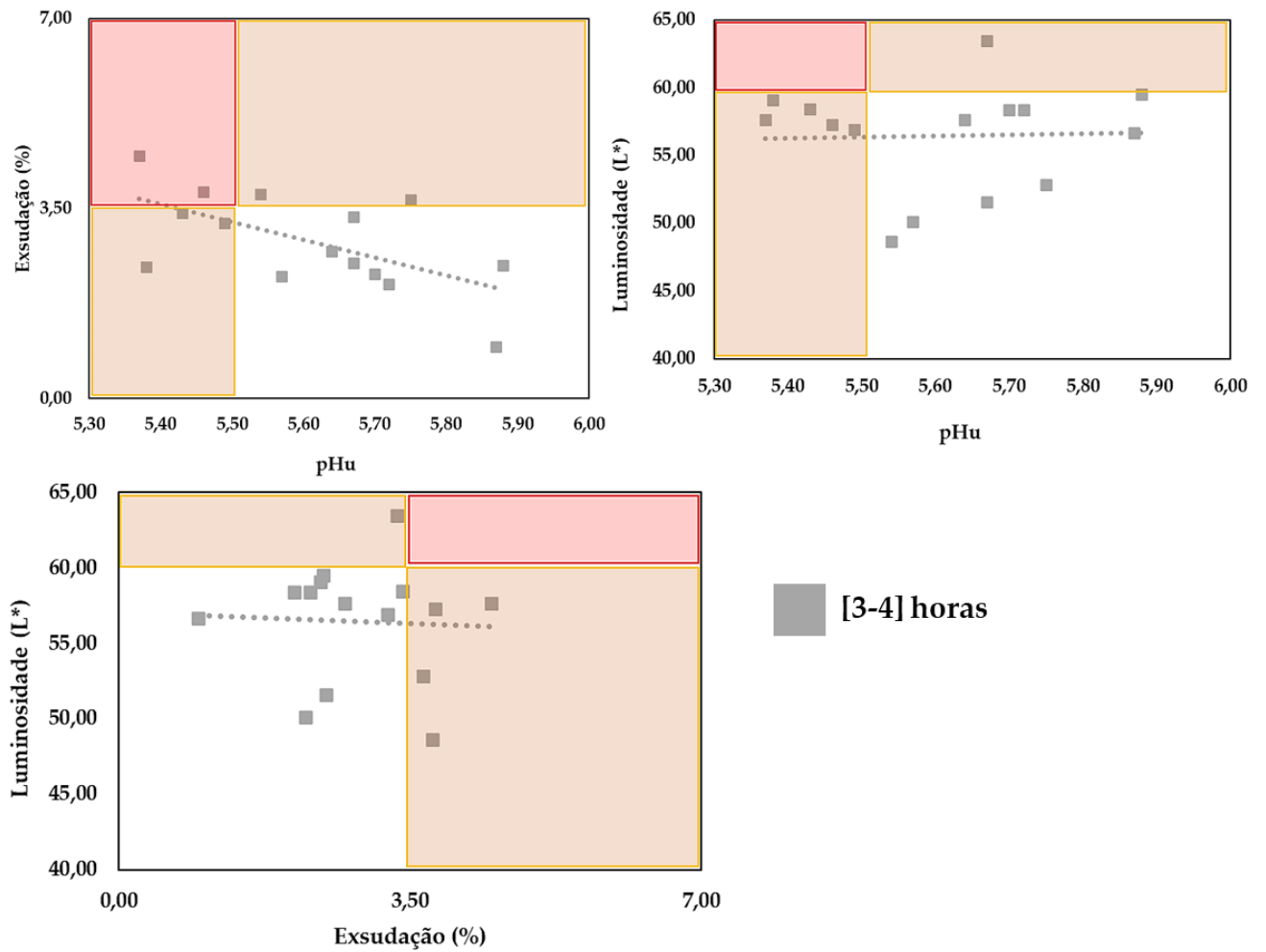


Figura F.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do tempo de espera pré-abate [3-4] horas.

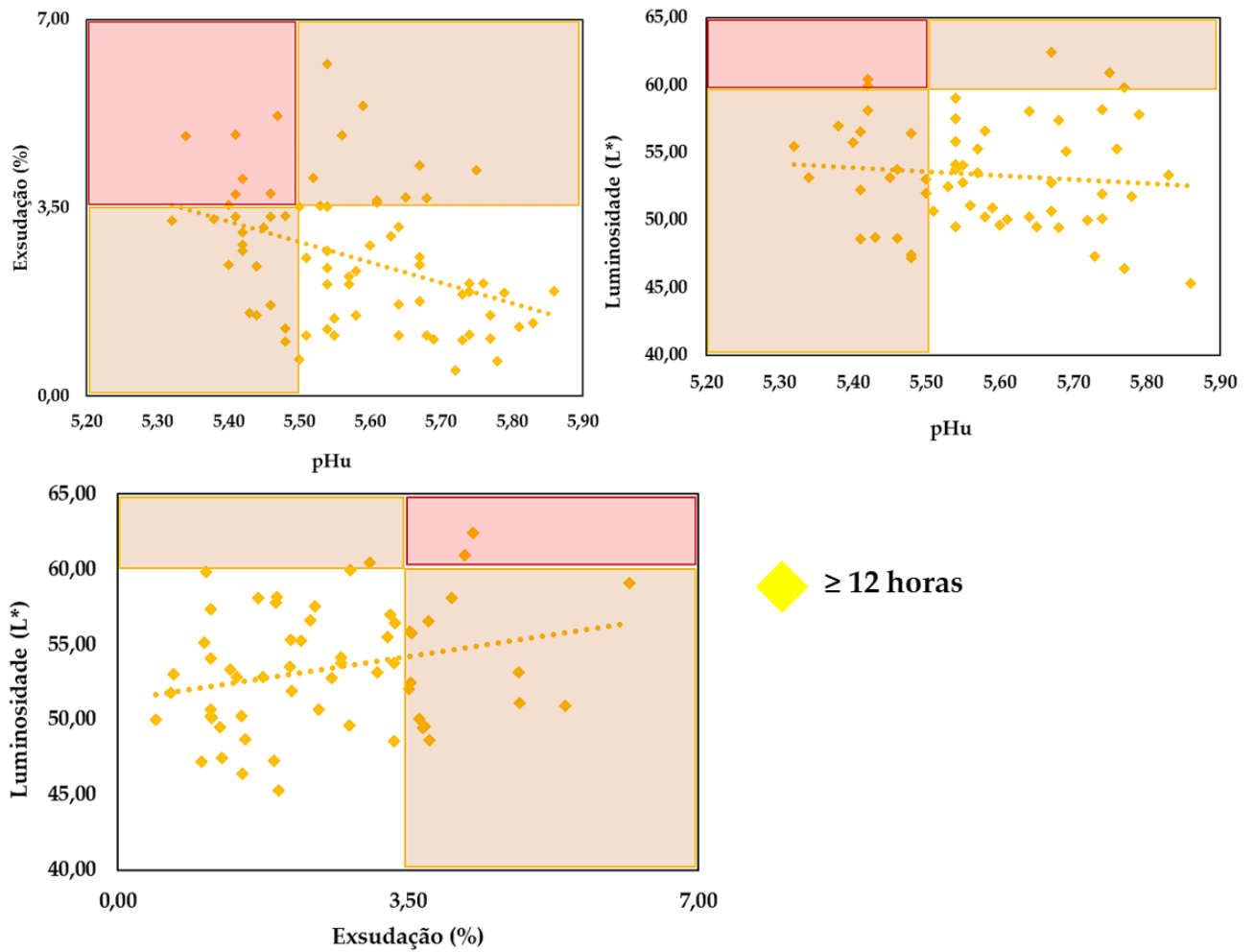


Figura F.4 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do tempo de espera pré-abate ≥ 12 horas.

Anexo G - Tratamento estatístico da variável tempo de jejum

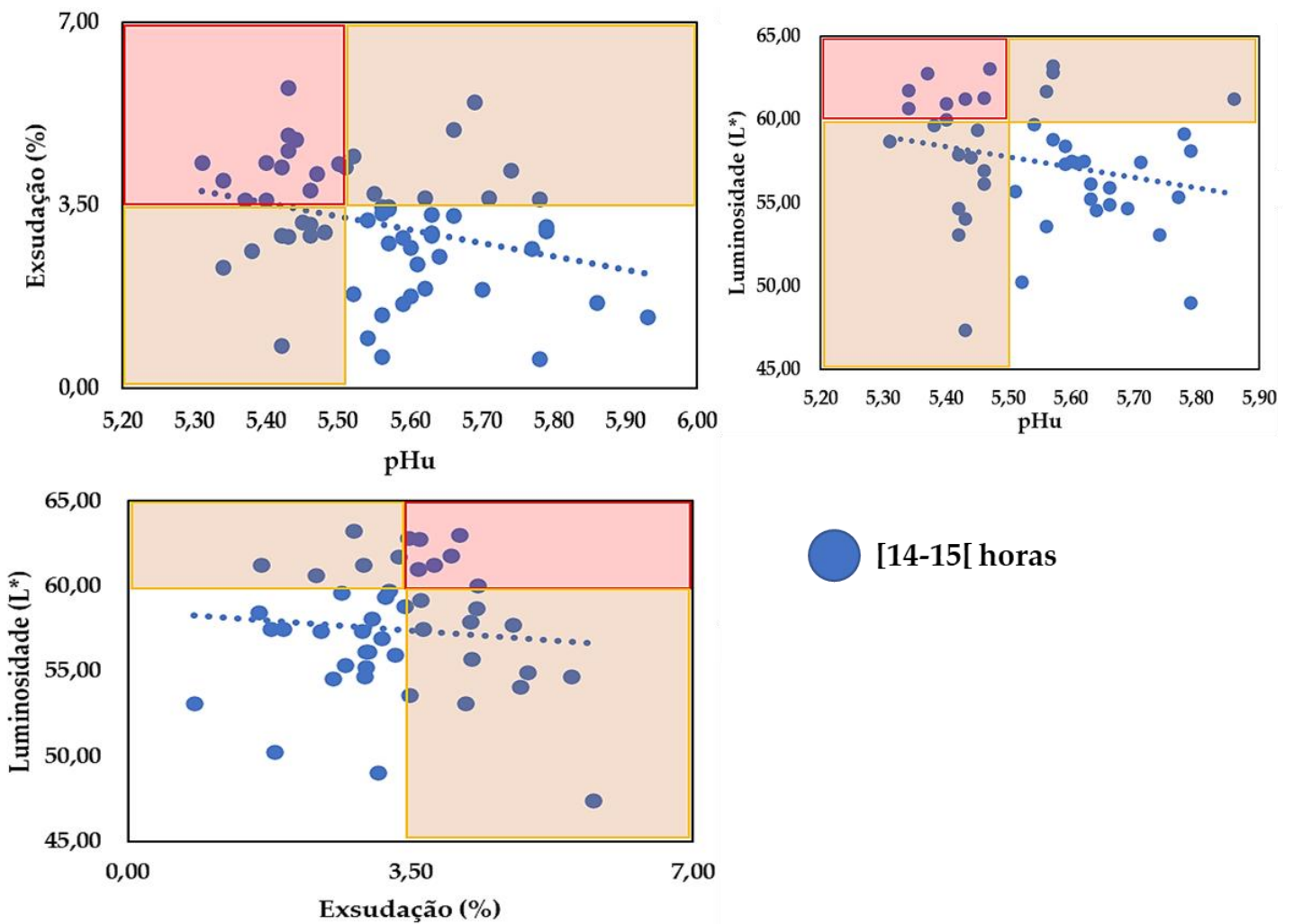


Figura G.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do intervalo [14-15[do tempo de jejum (h).

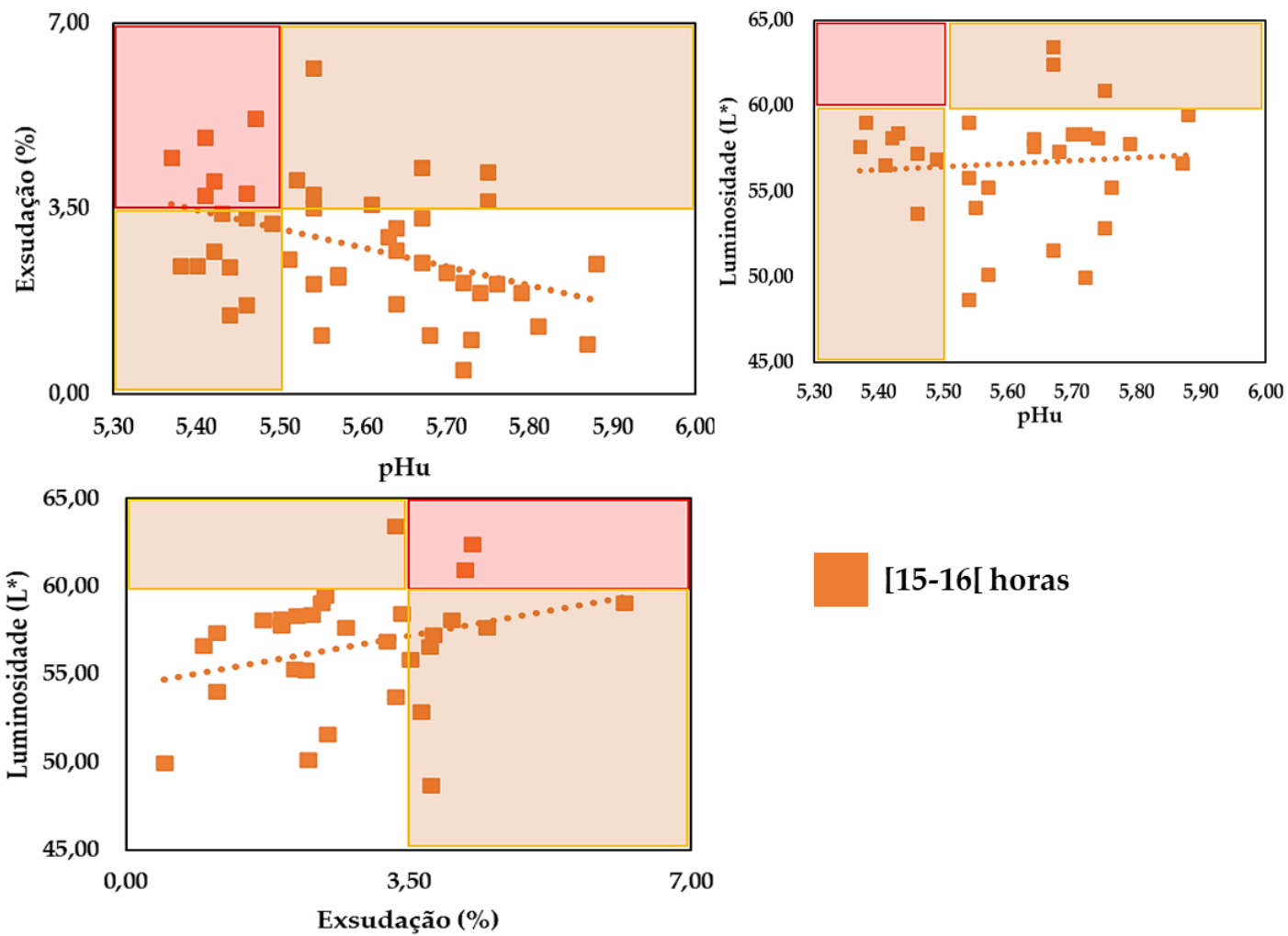


Figura G.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do intervalo [15-16[do tempo de jejum (h).

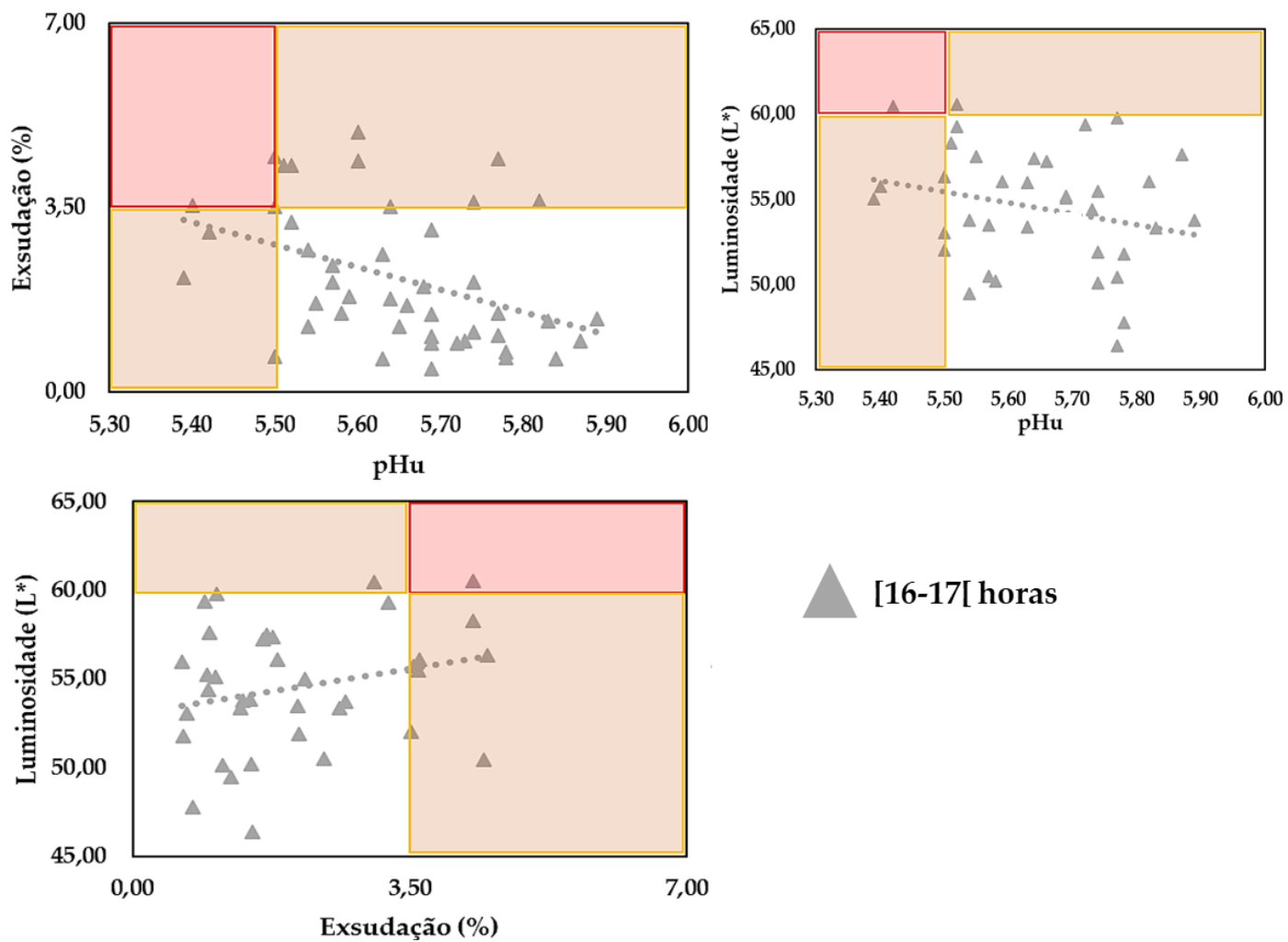


Figura G.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) do intervalo [16-17[do tempo de jejum (h).

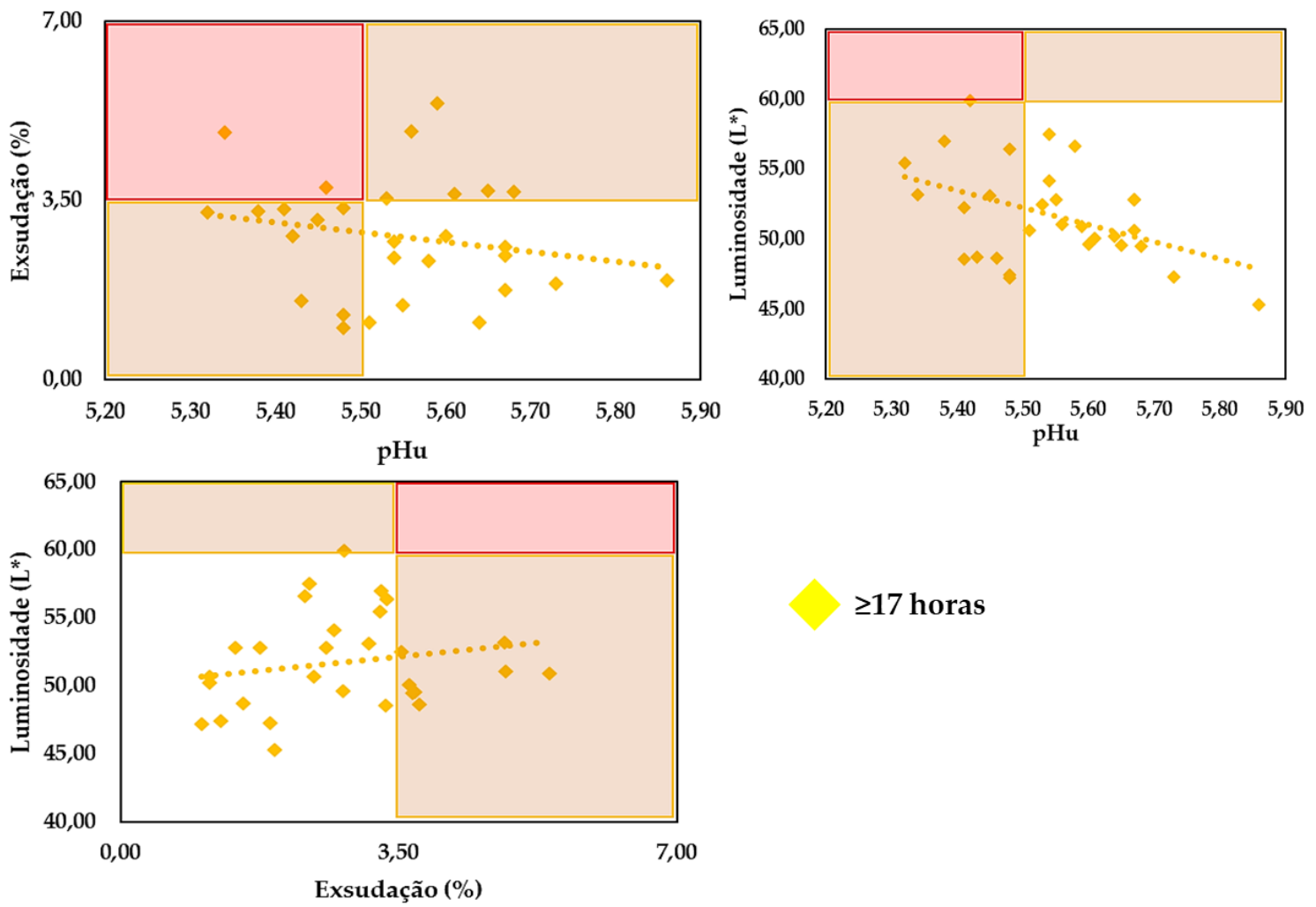


Figura G.4 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) do tempo de jejum ≥ 17 horas.

Anexo H - Tratamento estatístico da variável densidade animal na abegoaria

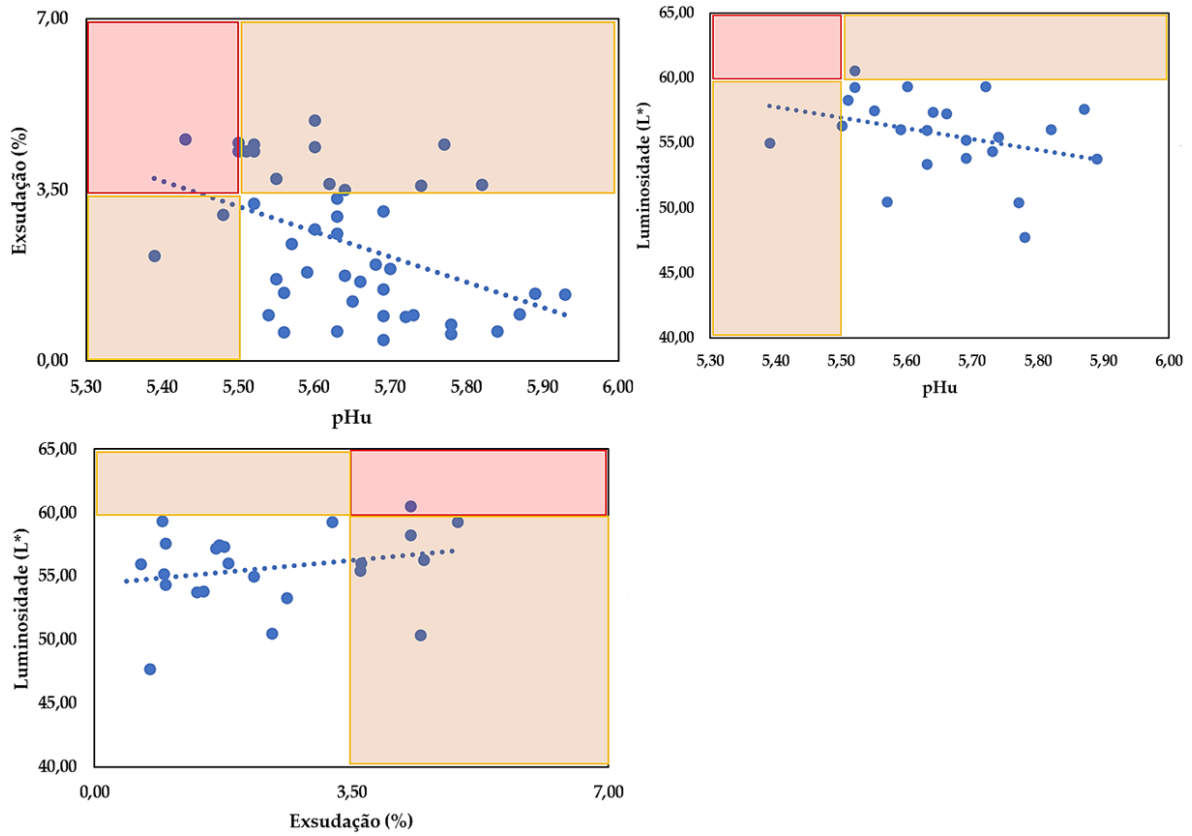


Figura H.1 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) dos valores da densidade animal na abegoaria <0,6 m²/100kg.

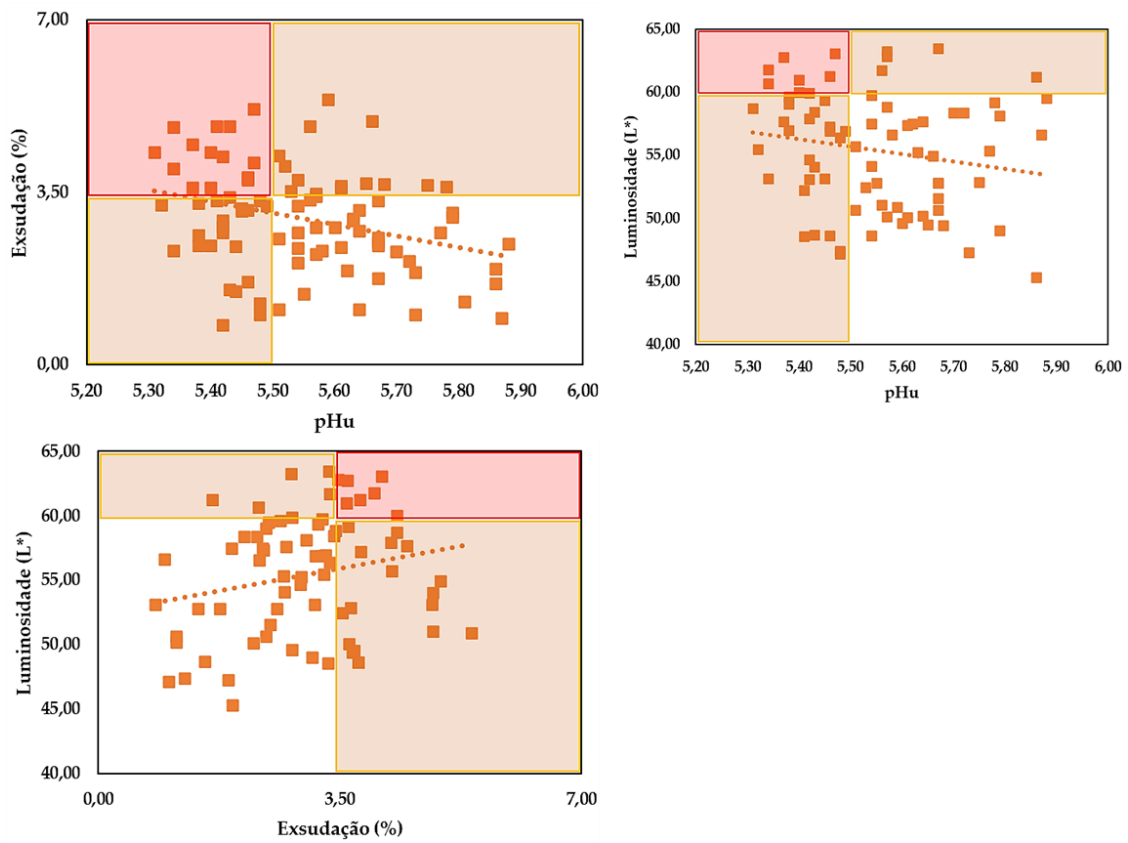


Figura H.2 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%)/luminosidade (L*) dos valores da densidade animal na abegoaria entre [0,6-0,62[m²/100kg.

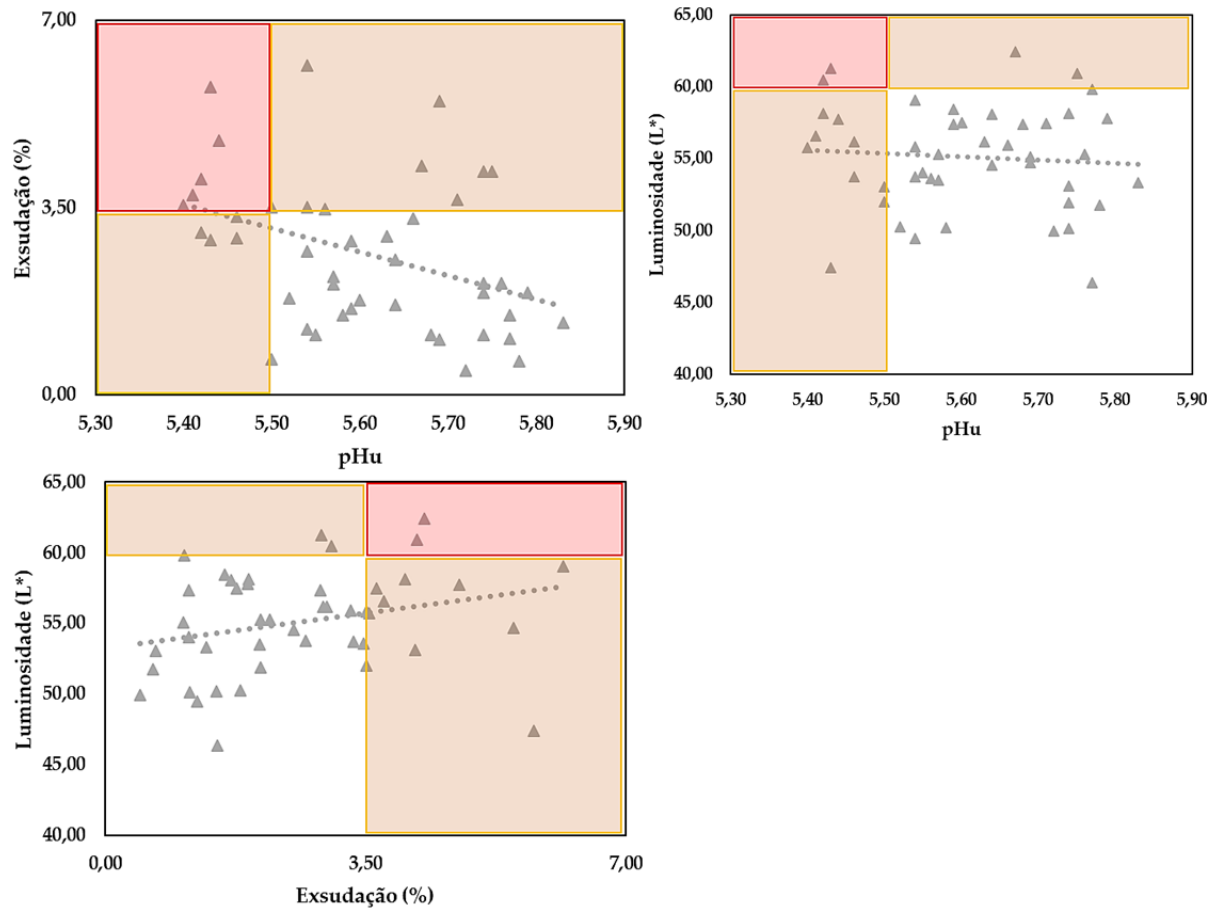


Figura H.3 - Matrizes das correlações pH final/exsudação (%), pH final/luminosidade (L*) e exsudação (%) /luminosidade (L*) dos valores da densidade animal na abegoaria entre [0,62-0,64] m²/100kg.



2021

JOSÉ MARIA DE FONSECA DA
COSTA DE OLIVEIRA SANTOS

Análise estatística dos fatores *ante-mortem* que podem
influenciar a qualidade final da carne de suíno