



NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA

GUILHERME REQUEIXA DOS REIS

Licenciado em Engenharia Química e Bioquímica

ESTUDO E ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA COR DO LOTE COM A COR NA APLICAÇÃO DA TINTA

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Química e Bioquímica

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA E BIOQUÍMICA

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2022



ESTUDO E ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA COR DO LOTE COM A COR NA APLICAÇÃO DA TINTA

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Química e Bioquímica

GUILHERME REQUEIXA DOS REIS

Licenciado em Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Engenheiro Francisco de Melo Pires Martins,
Chefe do Departamento de Qualidade, Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal,
S.A

Coorientadores: Doutor Mário Fernando José Eusébio,
Professor Auxiliar, Departamento de Química, FCT NOVA

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria de Figueiredo Ligeiro da Fonseca,
Professor Associado, Departamento de Química, FCT NOVA

Arguente: Doutora Ana Rita Cruz Duarte,
Professor Associado, Departamento de Química, FCT NOVA

Vogal: Doutor Mário Fernando José Eusébio,
Professor Auxiliar, Departamento de Química, FCT NOVA

ESTUDO E ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA COR DO LOTE COM A COR NA APLICAÇÃO DA TINTA

Copyright © Guilherme Requeixa dos Reis, 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.

Este documento foi criado com o processador de texto Microsoft Word e o template NOVAThesis Word [11].

Agradecimentos

Com a realização desta dissertação, chega o fim do meu percurso académico. Este percurso foi desafiante, mas tudo é possível quando acompanhado pelas pessoas corretas. Como tal, quero agradecer a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho e pelo apoio ao longo do curso.

Quero agradecer à Samvardhana Motherson Peguform Automotive Technology Portugal, S.A, por disponibilizar uma oportunidade única de realizar este estágio e pelo entusiasmo demonstrado na realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Engenheiro Francisco Martins, pelo seu acompanhamento, conhecimentos transmitidos, disponibilidade na realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Professor Mário Eusébio, pela orientação, sugestões, pela compreensão e incentivo nos momentos mais desafiantes não só no desenvolvimento deste trabalho como no decorrer do meu percurso académico.

Ao diretor geral, Miguel César, pelas palavras de incentivo quando mais necessitava.

A toda a equipa da Qualidade da Pintura, tanto os auditores como responsáveis de laboratório, pela transmissão do seu conhecimento, a sua preocupação e, mais importante, a animação constante dentro do departamento.

Aos meus pais, por me apoiarem emocionalmente ao longo de todo o meu percurso académico.

Aos meus amigos e colegas de curso, que proporcionaram memórias que jamais irei esquecer.

A todos vós, muito obrigado!

“In general, the greater the understanding, the greater the delusion; the more intelligent, the less sane.” (George Orwell).

Resumo

O objetivo deste trabalho é identificar a tendência da cor da chapa de lote com a cor das peças pintadas com o esse lote.

Através da aplicação do diagrama de Pareto, foi possível selecionar qual a tinta com a cor pior caso, ou seja, qual a tinta que apresenta maiores dificuldades em replicar a cor pretendida pelo cliente. Para tal, analisou-se o histórico da empresa na época 2020/21 e só foram contabilizadas as cores que ainda estão em produção, tendo-se observado que a cor 6 é a cor pior caso.

Neste estudo, realizaram-se medições de cor com um espectrofotômetro de multi-ângulo nas zonas de harmonia das peças de para-choques e em cinco pontos nas chapas de lote, desde 06 de janeiro a 21 de julho. Além disso, utilizou-se o software *ColorCARE* para a visualização e exportação das medições de cor e um *trial* do software *JMP PRO* para a realização da análise das correlações entre parâmetros e do *PCA* entre a chapa de lote e as respectivas peças.

Relativamente às correlações, observou-se que as coordenadas de cor *CIELab* não apresentam semelhanças estatísticas com as condições de cabine da base, isto é, com a temperatura, humidade e pressão de cabine da base.

De acordo com os *PCA* obtidos, observou-se uma semelhança estatística entre as medições de cor da chapa de lote com as medições de cor dos para-choques da frente (*FSUV*) e traseiros (*RSUV*), à exceção da chapa de lote 1 com as peças *RSUV*.

Quando se realizou a análise *PCA* entre as medições de cor das peças dos dois lotes, também se observou semelhança entre estes, no entanto, existe uma diferença estatisticamente significativa na cor das chapas de lote em estudo, demonstrando que a medição da cor da chapa de lote é um fraco indicador do estado da cor com que as peças irão apresentar.

Palavras-chave: Cor, Diagrama de Pareto, sistema *CIELab*, Chapa de lote, *PCA*, condições de cabine.

Abstract

The objective of this thesis was to identify the tendency of the batch plate colour with the different bumper painted colour.

Through the usage of Pareto diagram, we could select which paint was the worst-case scenario, in another words, the paint which presents the biggest challenge to obtain the colour desired by the client.

For this study, it was performed a variety of measurements of colour with a spectrophotometer on the harmony of the bumpers and on the batch plate. Furthermore, the *ColorCARE* was used to visualize and to export the results obtained by the spectrophotometer and a trial of the software *JMP* was used to analyse the correlations between different parameters and to apply a *PCA* between a batch plate and the corresponding bumpers.

Regarding the correlations, it was observed that there was no correlation between the coordinates of colour, i.e., system *CIELab* with the base cabin conditions.

According with the *PCA*, there was a similarity between the measurements of colour from batch plate with the corresponding bumpers, except with the batch plate 1 and the bumper *RSUV*.

However, when comparing the colour between bumpers of both paint batches, it was possible to observe a similarity between them, meaning that the measurement of the batch plate it's a weak indicator on the tendency of colour when applied on the bumpers.

Keywords: Colour, Pareto Diagram, *CIELab* system, Batch plate, *PCA*, Cabin conditions.

Índice

1	Enquadramento e Motivação do Trabalho	1
2	Introdução	3
2.1	Cor.....	3
2.1.1	Perceção de Cor.....	4
2.1.2	Cor Cromática e Acromática.....	5
2.1.3	Sistema de Cores <i>CIE</i>	6
2.2	Instrumentos de medição de cor.....	8
2.2.1	Espectrofotómetro de Multi-ângulo	9
2.3	Tinta	11
2.3.1	Polímeros ou resinas.....	11
2.3.2	Solventes ou Diluentes	12
2.3.3	Pigmentos primários.....	12
2.3.4	Pigmentos de Efeito.....	13
2.3.5	Extenders	14
2.3.6	Aditivos da Tinta.....	14
2.4	Matriz / Substrato.....	16
2.4.1	Polipropileno (PP).....	16
2.5	Chapa de Lote e Chapa Padrão	17
2.6	Processo.....	18
3	Metodologia, materiais e métodos	21
3.1	Seleção da Cor de Estudo.....	21
3.1.1	Diagrama de Pareto	21
3.1.2	Espectrofotómetro <i>BYK mac i</i>	22
3.1.3	BASF ColorCARE.....	23
3.2	Comparação da cor entre a chapa de lote e respetivas peças	23
3.2.1	Medição da Cor	23
3.2.2	Medição dos parâmetros de cabine.....	25
3.2.3	Principal Component Analysis (PCA).....	25

4	Análise dos Resultados obtidos	27
4.1	Análise dos resultados históricos e seleção das cores de estudo.....	27
4.2	Análise dos resultados do desenho de experiências	28
4.2.1	Resultados da medição de cor da chapa de lote 1.....	28
4.2.1.1	Resultados análise do lote 1 entre a chapa de lote e as peças <i>FSUV</i>	29
4.2.1.2	Resultados análise do lote 1 entre a chapa de lote e as peças <i>RSUV</i>	36
4.2.2	Resultados da medição de cor da chapa de lote 2.....	42
4.2.2.1	Resultados análise do lote 2 entre a chapa de lote e as peças <i>FSUV</i>	43
4.2.2.2	Resultados análise do lote 2 entre a chapa de lote e as peças <i>RSUV</i> ...	51
4.2.3	Comparação das medições das peças de ambos os lotes	58
4.2.3.1	Comparação das medições das peças <i>FSUV</i> de ambos os lotes	58
4.2.3.2	Comparação das medições das peças <i>RSUV</i> de ambos os lotes	65
5	Conclusões e proposta de trabalho futuro	71
	Referências bibliográficas.....	75
	Anexos	79
	Anexos A – Gráficos das coordenadas <i>CIELab</i> para a seleção da cor de estudo.	79

Índice de figuras

Figura 2.1- Roda da cor teórica	3
Figura 2.2 - Representação esquemática da saturação das cores	3
Figura 2.3 - Representação esquemática da luminosidade das cores	4
Figura 2.4 - Sensibilidade espectral do sistema de cones visual humano em que as linhas azul, verde e laranja correspondem respetivamente aos cones S, M e L	5
Figura 2.5 - Transmitância das cores vermelho, verde e azul	5
Figura 2.6- Transmitância de cores acromáticas	6
Figura 2.7 - Representação das características da cor	6
Figura 2.8- Modelo tridimensional do sistema CIELab	7
Figura 2.9 - Esquema dos diferentes tipos de instrumentos de medição	8
Figura 2.10 – Espetrofotómetro multi-ângulo BYK-mac i	9
Figura 2.11 - Ângulos de medição realizados pelo BYK-mac i	9
Figura 2.12 - Substratos importantes e as suas aplicações	16
Figura 2.13 - Estrutura química do polipropileno	16
Figura 2.14 - Processo de pintura da empresa	19
Figura 3.1 – Exemplo de um diagrama de pareto	22
Figura 3.2 - Espetrofotómetro BYK mac i	22
Figura 3.3 - Medições de cor nas chapas de lote	24
Figura 3.4 - Medições de cor no FSUV	24
Figura 3.5 - Medições de cor no RSUV	24
Figura 4.1 - Taxa de NOK das diferentes cores exigidas pelo cliente	27
Figura 4.2 - Coordenadas de cor da chapa de lote 1 (os ângulos 15°, 25°, 45°, 75° e 110° estão representados de azul, laranja, amarelo, verde e cinzento, respetivamente)	28
Figura 4.3 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças FSUV do lote 1	29
Figura 4.4 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 1	30
Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	31
Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	32
Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	33
Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	34

Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	35
Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	36
Figura 4.6 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças RSUV do lote 1	37
Figura 4.7 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 1	38
Figura 4.9 - Coordenadas de cor da chapa de lote 2 (os ângulos 15°, 25°, 45°, 75° e 110° estão representados de azul, laranja, amarelo, verde e cinzento, respetivamente)	43
Figura 4.10 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças FSUV do lote 2	44
Figura 4.11 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 2	45
Figura 4.12 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	46
Figura 4.12 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	47
Figura 4.12 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	48
Figura 4.12 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	49
Figura 4.12 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)	50
Figura 4.13 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças RSUV do lote 2	51
Figura 4.14 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 2	52
Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	53
Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	54
Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	55
Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	56

Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	57
Figura 4.15 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)	58
Figura 4.16 - Screeplot com os valores próprios das peças FSUV de ambos os lotes	59
Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	60
Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	61
Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	62
Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	63
Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	64
Figura 4.18 - Screeplot com os valores próprios das peças RSUV de ambos os lotes	65
Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	66
Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	67
Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	68
Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	69
Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)	70

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Exemplos de resinas/polímeros	11
Tabela 2.2 - Exemplos de solventes utilizados nas tintas	12
Tabela 2.3 - Exemplos de pigmentos primários	13
Tabela 2.4 - Exemplos de Extenders	14
Tabela 2.5 - Exemplos de aditivos de tinta	15
Tabela 2.6 - Relação entre cliente, fábrica de pintura e fornecedor de tinta	18
Tabela 4.1 – Valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 1	31
Tabela 4.2 - Valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 1	39
Tabela 4.3 – Valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 2	45
Tabela 4.4 – Valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 2	53
Tabela 4.5 - Valores Próprios das peças FSUV de ambos os lotes	59
Tabela 4.6 - Valores próprios das peças RSUV de ambos os lotes	65

Lista de Siglas e Acrónimos

PCA – Principal Component Analysis;

CIE – Commission Internationale de l'Éclairage;

PP – Polipropileno;

NOK – Not ok;

FSUV – Front bumper basic;

RSUV – Rear bumper basic;

PC – Principal Component.

1 Enquadramento e Motivação do Trabalho

A cor é uma sensação captada pelos nossos olhos dando nos uma imagem e percepção, sendo esta algo que varia de pessoa para pessoa. No entanto, é possível quantificar a cor com instrumentos de medição apropriados.

A cor pode ser quantificada por diferentes sistemas. No entanto, na indústria automóvel, utiliza-se o sistema *CIELab*, uma vez que este é um sistema de coordenadas absoluto e que não depende da interpretação do observador.

Para a medição de cor, utiliza-se um espectrofotómetro de multi-ângulo. Este equipamento replica a visão do ser humano a diferentes fontes de luz, sendo o mais relevante, a fonte de luz *D65*, pois esta replica a luz solar numa manhã de céu limpo. Além disso, permite medir a cor a diferentes ângulos de observação 15°, 25°, 45°, 75° e 110°.

Na indústria automóvel, um veículo é pintado em diferentes instalações fabris/ empresas, isto é, os para-choques são pintados numa instalação, enquanto a carroçaria é pintada noutra. Além disso, cada instalação fabril tem o seu fornecedor de tinta diferente, sendo necessário um controlo rígido na cor obtida nas diferentes peças, pois o objetivo é que o veículo apresente uma cor uniforme entre as diferentes partes.

Para a obtenção da uniformização da cor, o cliente desenvolve uma chapa com a cor pretendida no veículo e distribuí-a para as diferentes fábricas que pintam as peças do veículo. Essa chapa denomina-se de chapa de padrão.

Os fornecedores de tinta têm de desenvolver uma tinta que replique a cor da chapa de padrão, quando esta for aplicada pela instalação fabril. Portanto, tem de existir um controlo em relação à cor do lote proveniente dos fornecedores de tinta.

Para este controlo, os fornecedores aplicam a tinta do lote numa chapa para ser possível a realização da medição de cor deste novo lote pela instalação fabril que pinta as peças. Esta chapa denomina-se de chapa de lote.

Os auditores de qualidade da instalação fabril com os espectrofotómetros de multi-ângulo realizam a medição de cor da chapa de lote a cinco pontos, sendo a cor desta comparada com a cor da chapa de padrão. Se a cor da chapa de lote estiver conforme, o lote de tinta entra para a produção. Caso contrário, o lote de tinta necessitará de ajustes de cor, sendo necessário a remediação da cor da chapa de lote pintada com este ajuste.

No entanto, na indústria automóvel, observa-se situações em que a cor da chapa de lote não está de acordo com a cor da chapa de padrão, mas as cores das peças pintadas com esse lote estão de acordo com a cor da chapa de padrão, sem ter aplicado ajustes de cor no lote de tinta.

Com base nesta situação surge o tema desta dissertação: “Estudo e análise da tendência da cor do lote com a cor na aplicação da tinta”.

Este estudo tem como objetivo verificar se a medição de cor da chapa de lote é um bom indicador para a previsão da cor das peças de produção. Assim, pretende-se realizar a análise do histórico das medições de cor desde setembro de 2021 até fevereiro de 2022 e selecionar qual a cor que apresenta maiores dificuldades na replicação da cor da chapa de padrão.

De seguida, realizar medições de cor nos para-choques da frente (*FSUV*) e traseiros (*RSUV*) nas zonas de harmonia de dois lotes diferentes dessa cor pior caso desde 06 de janeiro de 2022 até 21 de julho de 2022. Estes lotes serão selecionados de acordo com a medição de cor obtida das chapas de lote. Um dos lotes não estará conforme a cor da chapa de padrão, enquanto o outro estará conforme. Além disso, pretende-se realizar as medições de condição de cabine da base no momento que aplicam a tinta. As condições medidas serão a temperatura, pressão e humidade.

Posteriormente, será realizado a análise multivariada das condições de cabine com as medições de cor obtidas, tendo por objetivo averiguar a possível influência que a cabine tem sobre a cor das peças.

Por fim, fazer uma análise *PCA* com o propósito de averiguar uma possível distinção entre a cor da chapa de lote e a cor das peças pintadas por esse lote e identificar a tendência da cor das peças pintadas.

2 Introdução

2.1 Cor

O aspeto de um qualquer objeto que é caracterizado pela matiz, saturação e luminosidade é denominado de cor. Estas dimensões mencionadas também são conhecidas como *tristimulus data*, ou seja, são atributos da cor que permite o cérebro humano interpretar e conceptualizar os sinais através de estímulos visuais.

A matiz é o que nos permite identificar que cor estamos a observar, por exemplo, vermelho, verde, amarelo, etc. No entanto, esta é caracterizada de acordo com os comprimentos de onda dominantes da luz e que ocupam posições de acordo com a roda da cor teórica.

A roda da cor teórica é ordenada de acordo com a ordem de cores obtida quando a luz branca incide um prisma de vidro, ou seja, está ordenada por vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta [1].

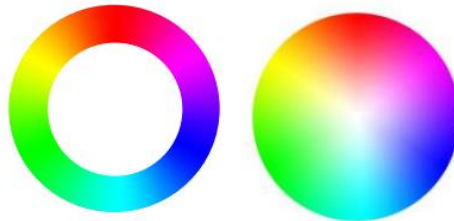


Figura 2.1- Roda da cor teórica [1]

A saturação ou croma caracteriza a pureza ou intensidade da matiz da cor. Por exemplo, a cor vermelho-vivo tem uma saturação mais elevada que um vermelho mais sujo. De notar, que se utiliza um cinzento neutro como referência para a determinação da saturação [1].

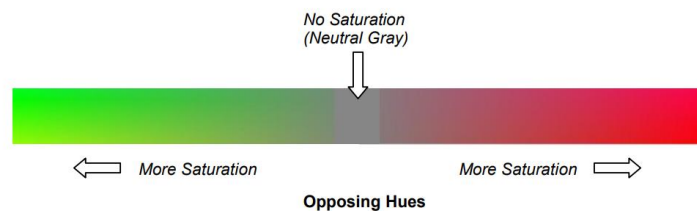


Figura 2.2 - Representação esquemática da saturação das cores [1]

A luminosidade descreve o brilho de uma determinada cor, ou seja, indica se a cor é clara ou escura. Importante referir, que este parâmetro é acromático, pois não fornece informação sobre a cor para além da claridade [1].

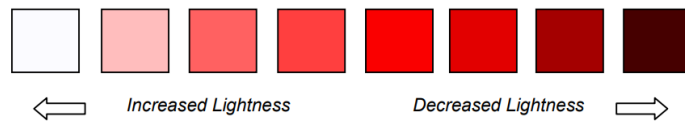


Figura 2.3 - Representação esquemática da luminosidade das cores [1]

2.1.1 Perceção de Cor

Para a observação de cor, os olhos necessitam de três condições: uma fonte de luz, um objeto e um observador/ processador de informação [2, 3].

O olho humano percebe o espectro de luz através de uma combinação de bastonetes e cones permitindo caracterizar a cor.

Os bastonetes operam melhor com níveis de luz mais baixos e, sendo estes fotopigmentos unitários, os sinais obtidos são acromáticos, ou seja, os objetos são perceptíveis exclusivamente em tons cinzentos. Quando se aumenta a luz, os bastonetes tendem a diminuir a transmissão de sinais ao cérebro e começam a operar os cones oculares.

Os cones oculares operam em condições de luz mais elevada e conseguem discernir as cores dos objetos observados.

Existem três tipos de cones presentes no glóbulo ocular humano:

- **Cones S** – cones mais sensíveis a comprimentos de onda inferiores dentro do espectro do visível (cor azul);
- **Cones M** - cones mais sensíveis a comprimentos de onda médios dentro do espectro do visível (cor verde);
- **Cones L** - cones mais sensíveis a comprimentos de onda elevados dentro do espectro do visível (cor vermelha);

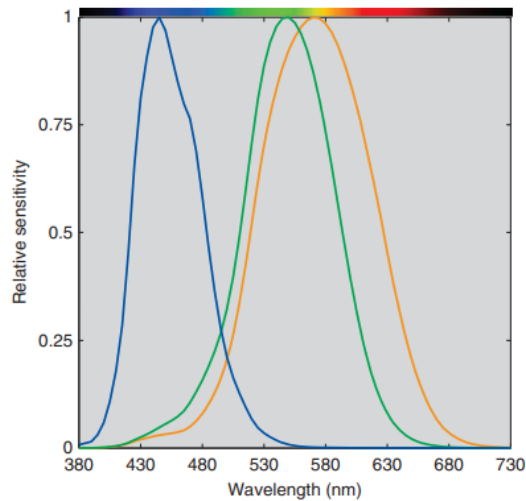


Figura 2.4 - Sensibilidade espectral do sistema de cones visual humano em que as linhas azul, verde e laranja correspondem respectivamente aos cones S, M e L [4]

A combinação da interação destes cones permite perceber a cor ao longo do espectro do visível. Importante acrescentar que as curvas descritas na figura 2.4 são caracterizadas de funções tristímulus [3–5].

2.1.2 Cor Cromática e Acromática

Como mencionado anteriormente a Croma, também denominada de saturação, corresponde à vivacidade que a cor apresenta. Tendo esta definição em mente, é possível definir a cor em dois grupos: cor cromática e cor acromática [1].

As cores que refletem uma onda de comprimento em específico, denomina-se de cor cromática. Exemplos destas cores são o verde, azul ou vermelho [6, 7].

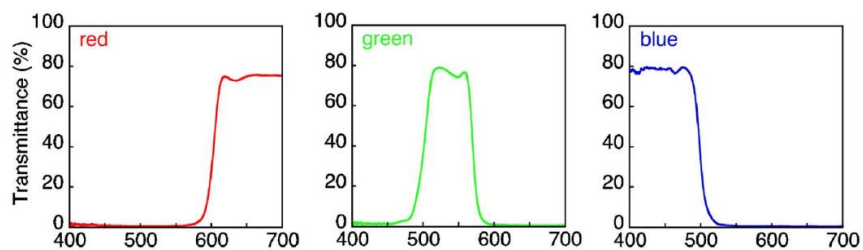


Figura 2.5 - Transmittância das cores vermelho, verde e azul [8]

As cores que refletem ondas de comprimento variadas denominam-se de cor acromática. Exemplos destas cores são os cinzentos, brancos e pretos [6, 7].

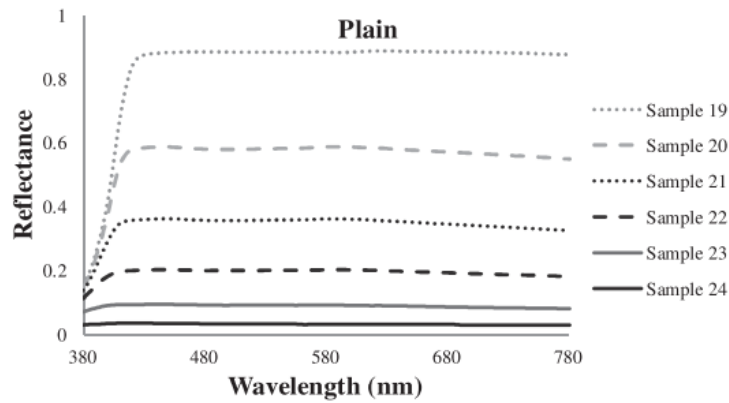


Figura 2.6- Transmitância de cores acromáticas [9]

Considerando estas definições, torna-se viável a seleção do sistema *CIE* mais adequado para a análise de cores [1, 8–12].

2.1.3 Sistema de Cores *CIE*

Uma panóplia de modelos numéricos ou sistemas de medição indicam pontos de referência que indicam a matiz, saturação e luminosidade. Os sistemas tridimensionais criam gráficos com eixos independentes para cada característica da cor, ou seja, um eixo irá isoladamente representar a luminosidade, enquanto os outros dois eixos fazem um plano cromático que definem mesmo a cor [1].

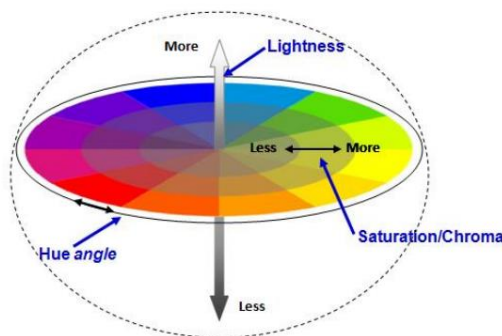


Figura 2.7 - Representação das características da cor [1]

Em 1931, desenvolveu-se um modelo matemático possível de descrever todas as cores visíveis pelo ser humano denominado de *CIE XYZ Color Space*. Ao contrário dos modelos de cor *RGB* e *CMYK*, as cores caracterizadas pelos sistemas *CIE* são inequívocas, absolutas e independentes do aparelho. Como tal, os sistemas *CIE* tornaram-se na base da medição de cores. Além disso, estes englobam o *CIELUV*, *CIELab* e *CIELCh*.

O Sistema de cor *CIELab* contém um canal que representa a luminosidade (L^*) e dois canais para a cor (a^* e b^*). No modelo tridimensional, o eixo a^* inicia no verde ($-a^*$) e termina no vermelho ($+a^*$) e o eixo b^* inicia no azul ($-b^*$) e termina no amarelo ($+b^*$). De notar, que o plano formado pelos eixos a^* e b^* são perpendiculares ao eixo L^* [1, 2, 13–15].

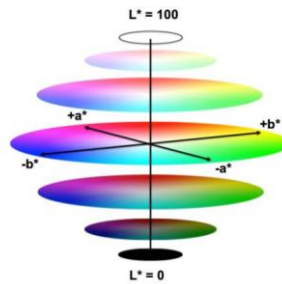


Figura 2.8- Modelo tridimensional do sistema *CIELab* [1]

Tendo em conta este modelo, torna possível “triangular” com precisão elevada as características da cor, comunicar e reproduzir esta a nível global.

O desvio à cor padrão é denotado como ΔE^* em que contabiliza desvios aos 3 parâmetros:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2.1)$$

$$\Delta L^* = \Delta L_m^* - \Delta L_p^* \quad (2.2)$$

$$\Delta a^* = \Delta a_m^* - \Delta a_p^* \quad (2.3)$$

$$\Delta b^* = \Delta b_m^* - \Delta b_p^* \quad (2.4)$$

Tendo em conta estas fórmulas, torna possível aferir se a cor das peças está de acordo com as exigências do cliente e se corresponde com a chapa fornecida pelos fornecedores.

O *CIELCh* é muito idêntico ao *CIELab*, no entanto este utiliza coordenadas polares e é mais indicado para definir cores cromáticas, enquanto o *CIELab* é mais indicado para cores acromáticas [1, 2, 13–15].

2.2 Instrumentos de medição de cor

Como referido anteriormente, o olho humano consegue discernir atributos cromáticos como vários fatores geométricos (direção, textura, forma) de determinado objeto em simultâneo demonstrando uma complexidade elevada aquando da sua replicação com instrumentos de medição.

Atualmente, ainda não existem instrumentos que consigam medir ambos os fatores, sendo necessário aparelhos variados para avaliar um objeto.

As medições de cor no contexto industrial apresentam as seguintes vantagens:

- Garantir a consistência de cor na produção e evitar a variação *batch-to-batch*;
- Atingir a estética pretendida;
- Para avaliar o desempenho de materiais de cor;
- Indicar as condições de produto;

No entanto, tendo em conta o contexto da tese, os três primeiros tópicos são os mais relevantes.

Os instrumentos de medição são classificados em dois grupos principais: os que medem as características geométricas ou cromáticas de um determinado objeto.

Os instrumentos de medição de cor podem ser destinados para medirem atributos físicos, como por exemplo, a intensidade de luz ou, então, medirem atributos psicofísicos, ou seja, correlacionam com a perceção visual.

Atualmente, existem três tipos de instrumentos de medição de cor:

- Colorímetro – análise psicofísica;
- Espectrofotómetro – estão a começar a ser mais utilizados na indústria, devido à sua versatilidade apesar de serem mais caros que os colorímetros – análise física;
- Espectroradiómetro – análise física.

A figura 2.9 esquematiza a classificação dos diferentes instrumentos de medição [16].

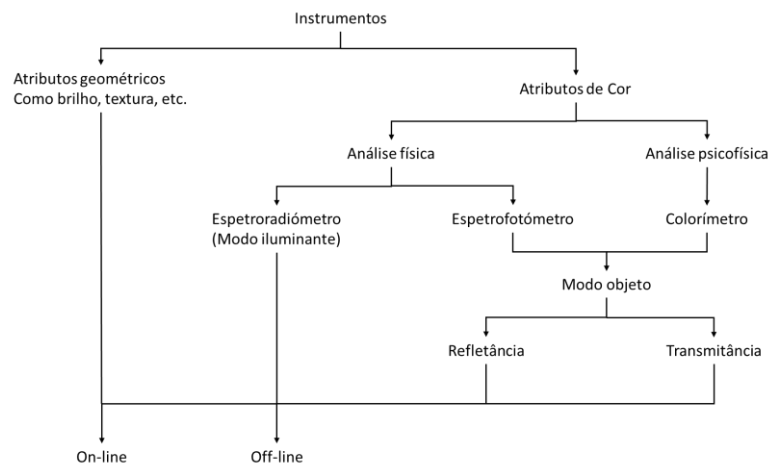


Figura 2.9 - Esquema dos diferentes tipos de instrumentos de medição

Para este trabalho foi utilizado o aparelho *BYK-mac i* e, como tal, será abordado com maior detalhe o funcionamento dos espectrofotômetros [17].



Figura 2.10 – Espectrofotómetro multi-ângulo *BYK-mac i* [17]

2.2.1 Espectrofotómetro de Multi-ângulo

Os espectrofotómetros de Multi-ângulo conseguem medir a cor de tintas sólidas, metálicas e peroladas com precisão elevada [18, 19].

Estes realizam medições nos ângulos de 15°, 25°, 45°, 75° e 110° com a iluminação a 45°, de modo a ser considerado o ângulo *flash* e *flop*, sendo estes o ângulo de 15° e 110°, respetivamente [18, 20].

A figura 2.11 representa os diferentes ângulos de medição realizados pelo *BYK-mac i*.

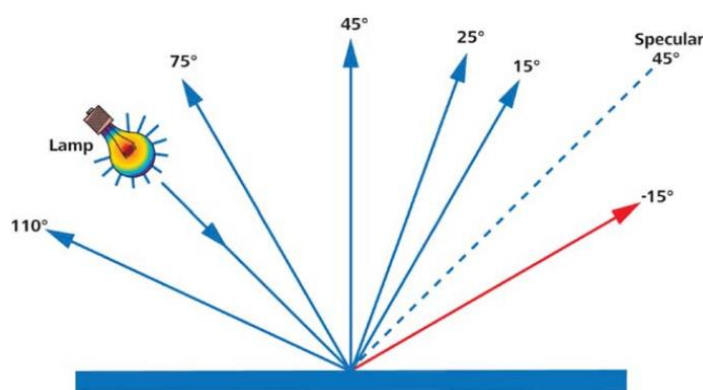


Figura 2.11 - Ângulos de medição realizados pelo *BYK-mac i* [21]

Neste aparelho, os quatro pinos têm de permanecer em contacto com a peça e a máquina imóvel durante as medições.

Após as medições, os valores serão transferidos para o software *ColorCARE* permitindo a realização de gráficos e transferência desses para outras aplicações, tais como, o *Office*.

2.3 Tinta

A tinta é um fluido não-newtoniano que é utilizado para acrescentar um maior valor estético e/ou proteger os objetos a que esta for aplicada.

A tinta apresenta na sua composição os seguintes componentes:

- **Polímeros ou Resinas** – Permite criar uma camada fina contínua, selar ou então proteger a superfície onde a tinta é aplicada;
- **Solventes ou diluentes** – Permite a aplicação da tinta no objeto;
- **Aditivos** – Componentes menores que abrangem catalisadores, secadores e agentes de fluxo;
- **Pigmentos primários** – Provém opacidade, cor e outros efeitos óticos ou visuais. Estes pigmentos são utilizados frequentemente para questões estéticas. Em primários, estes pigmentos poderão ser utilizados para fornecer propriedades anticorrosivas;
- **Pigmentos de efeito** – Provém uma percepção de cor muito dependente do ângulo a que é observado o objeto;
- **Extenders** – Utilizados para variadas finalidades como aumentar opacidade/obliteração (como suporte aos pigmentos primários) [22].

2.3.1 Polímeros ou resinas

Os polímeros ou resinas são classificados de acordo com a sua massa molecular, sendo os polímeros de baixa massa molecular um grupo e os polímeros de alta massa molecular outro.

Os polímeros de baixa massa molecular por norma necessitam de ser submetidas a outras reações químicas para formarem camadas sólidas sobre a superfície.

Os polímeros de massa molecular elevada formam camadas sólidas robustas sem necessitarem da ocorrência de reações químicas adicionais [22–26].

A tabela 2.1 representa exemplos variados de polímeros/resinas.

Tabela 2.1 - Exemplos de resinas/polímeros [22]

Massa molecular baixa	Massa molecular elevada
aglutinantes oleorresinosos	Nitrocelulose
Alquídeos	Solução de Vinis
Poliuretanos	Solução de Acrílicos
Óleos uretanos	Dispersão de polímeros não aquosa (NADs)
Resinas amino	Acetato de polivinilo (PVA)
Resinas fenólicas	Acrílico
Resinas epóxi	Estireno/butadieno
Poliéster insaturado	
Borracha clorada	

2.3.2 Solventes ou Diluentes

Os solventes são utilizados com duas finalidades: permitem a formação de tinta e permite que esta seja aplicada nas superfícies dos objetos.

Uma variedade de orgânicos são utilizados como solventes de tintas, sendo que a sua seleção se baseia na sua capacidade como solvente, a velocidade de evaporação, odor, toxicidade, inflamabilidade e o seu custo.

No entanto, a tinta que é aplicada em contexto industrial tem o odor, toxicidade e inflamabilidade desta sob controlo através de equipamentos de extração sofisticados ou então com *after-burners* [22, 27–29].

Tabela 2.2 - Exemplos de solventes utilizados nas tintas [22]

Solvente	
Cetonas	Acetona
	Butanona (MEK)
	Diacetona álcool
Ésteres	Acetato de Etilo
	Acetato de isobutilo
	Acetato de n-butilo
Álcoois	Metanol
	Etanol
	Isopropanol
Hidrocarbonetos	Tolueno
	Xileno
	SBP 6

2.3.3 Pigmentos primários

Os pigmentos primários são partículas sólidas que são depositadas sobre a resina previamente referida.

Estes contribuem na expressão de cor, opacificação e na adição de propriedades anticorrosivas ao objeto.

Os pigmentos coloridos são descritos em dois grupos principais: pigmentos orgânicos e pigmentos inorgânicos. A tabela 2.3 demonstra exemplos de pigmentos coloridos dos diferentes grupos [22, 30–33].

Tabela 2.3 - Exemplos de pigmentos primários [22]

Cor	Pigmentos inorgânicos	Pigmentos Orgânicos
Preto	Carbono preto	Anilina preta
	Carbonato de cobre	
	Dióxido de Manganês	
Azul/Violeta	Azul ultramarino	Azul de ftalocianina
	Azul prussiano	Azul de indantrona
	Azul-cobalto	Violeta de Carbazol
Branco	Dióxido de titânio	-
	Óxido de zinco	
	Óxido de antimônio	
	Carbonato de chumbo	

2.3.4 Pigmentos de Efeito

Como mencionado previamente, a impressão de cor criada pelos pigmentos de efeito é muito dependente do ângulo em que se observa o objeto e do ângulo da luz de incidência proveniente da fonte de luz.

Os pigmentos de efeito consistem em partículas em forma de floco com dimensões entre o 1µm e 1 mm.

Tal como os pigmentos primários, os pigmentos de efeito podem ser orgânicos e inorgânicos.

Estes são divididos em quatro grupos:

- Pigmentos metálicos;
- Pigmentos perolados;
- Pigmentos de interferência;
- Pigmentos de difração.

Importante referir que para este trabalho os pigmentos metálicos são os mais relevantes.

Os pigmentos metálicos consistem de metais ou então de ligas metálicas que aumentam a vivacidade da cor quanto mais paralelos e mais uniformemente orientados estiverem relativamente à superfície de pintura.

O efeito metálico é consequência da difusão e direção do reflexo proveniente da superfície e dos limites dos flocos metálicos [34].

2.3.5 Extenders

Os *Extenders* têm sido utilizados nas tintas por diversas finalidades. Estes são materiais baratos e, por isso, são utilizados em conjunto com os pigmentos primários obtendo-se uma tinta específica.

Os *Extenders* não contribuem para a cor da tinta. Aliás, é essencial que estes sejam incolores.

A dimensão das partículas dos *Extenders* variam dos sub micrómetros até algumas dezenas de micrómetros. O seu índice de refração é idêntico ao das resinas orgânicas resultando numa contribuição ínfima na opacidade através do espalhamento da luz.

A maioria dos *Extenders* são materiais refinados de acordo com a sua finalidade.

A tabela 2.4 representa exemplos de *Extenders* utilizados nas tintas [22].

Tabela 2.4 - Exemplos de *Extenders* [22]

Natureza Química	Tipo
Sulfato de Bário	Barita
	<i>Blanc Fixe</i>
Carbonato de Cálcio	Giz
	Calcite
	Precipitado de Giz
Sulfato de Cálcio	Gipsite
	Anidrite
Silicato	Sílica
	Diatomito
	Barro
	Talco
	Mica

2.3.6 Aditivos da Tinta

Os aditivos da tinta garantem uniformidade na pintura evitando assim alguns defeitos comuns à aplicação de tinta.

Os defeitos que os aditivos mitigam são a sedimentação dos pigmentos enquanto estão na lata de tinta, aeração e retenção de bolhas aquando da aplicação da tinta, *cissing*, *sagging* e *shrivelling* da camada de pintura [22].

Tabela 2.5 - Exemplos de aditivos de tinta [22]

Aditivos da Tinta	
Anticorrosivos	<i>Alcophor 827</i>
	<i>Kelate</i>
	Anticor
	<i>Albaex</i>
	Fosforeto de Ferro
	Molywhite MZAP
Anti espumas	BYK 023
	Pyrenol 20/22
	EFKA range
Agentes anti-sedimentadores	<i>Easigel</i>
	<i>Winofilm</i>
	<i>Aerosil</i>

2.4 Matriz / Substrato

O objeto no qual é aplicado uma pintura designa-se de substrato. Os substratos podem ser agrupados em materiais naturais e materiais sintético, sendo estes ainda subdivididos pelos grupos dos materiais orgânicos e inorgânicos.

A figura 2.12 representa alguns exemplos dos diferentes tipos de substratos que possam ser utilizados na indústria [14].

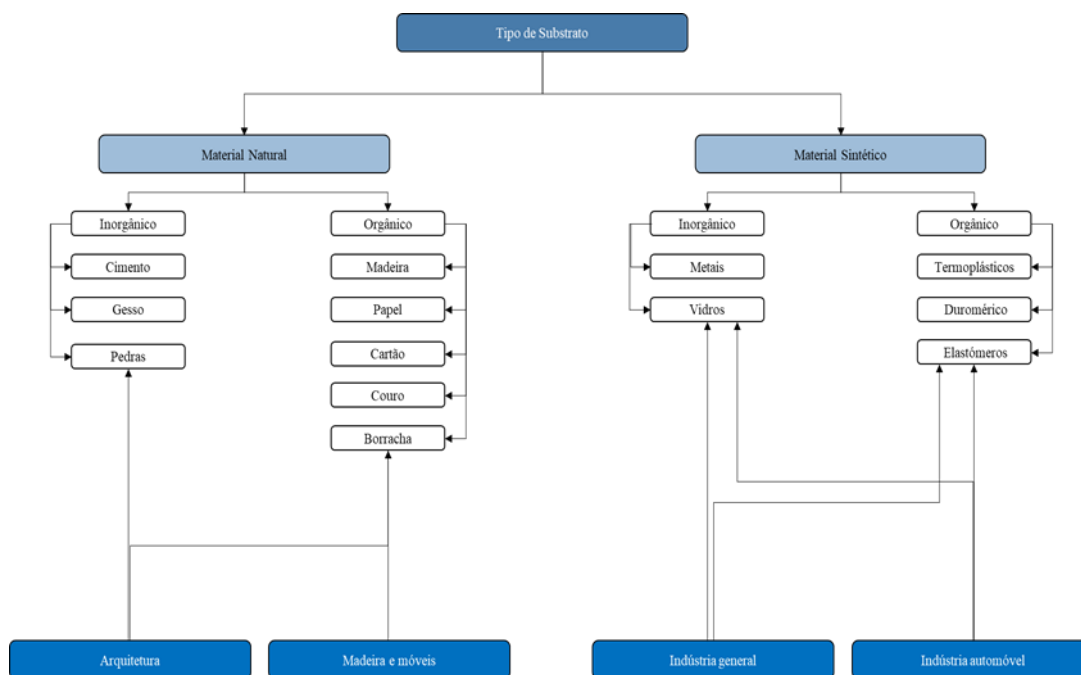


Figura 2.12 - Substratos importantes e as suas aplicações [14]

Tendo em conta os substratos utilizados nas instalações da empresa, o polipropileno será abordado em mais detalhe na subsecção seguinte.

2.4.1 Polipropileno (PP)

O polipropileno é um termoplástico que provém da polimerização dos monómeros propilenos [14, 35, 36].

Este plástico é composto por uma cadeia de hidrocarbonetos em que a cada 2 carbonos, um deles está ligado a um grupo metilo como representado na figura 2.13 [37].

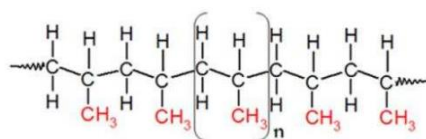


Figura 2.13 - Estrutura química do polipropileno [37]

O polipropileno apresenta uma dureza aceitável, um ponto de fusão de 135 °C que é relativamente alto, uma densidade baixa de 0,90 g/cm³ e boa resistência a impactos tornando este termoplástico uma opção viável para a indústria automóvel [35–38].

Além disso, os custos de produção de *PP* são baixos e este plástico permite a combinação com outros polímeros conferindo características únicas aos materiais [37].

No entanto, este substrato tem a desvantagem de ter uma adesão muito baixa à tinta, sendo necessário um pré-tratamento prévio à pintura deste material [14, 22, 35–39].

2.5 Chapa de Lote e Chapa Padrão

Na indústria automóvel, existe uma variedade de empresas envolvidas no desenvolvimento da pintura de determinado veículo, sendo necessário um método eficiente na partilha e replicação da cor pretendida.

Por exemplo na situação desta empresa, o cliente envia as coordenadas de cor (sistema *CIELab* e *CIELCh* dependendo do tipo de cor) que o carro tem de apresentar com a respetiva chapa padrão para ser possível a realização de uma avaliação visual da cor. No entanto, esta empresa não produz a tinta utilizada nas peças de produção, sendo necessário a contratação de um fornecedor que realize essa produção de tinta.

Quando o fornecedor produz um novo lote de tinta, este tem de apresentar uma chapa pintada com a tinta deste novo lote. Esta chapa designa-se de chapa de lote. A aplicação da pintura é idêntica às condições presentes na instalação fabril e, dependendo do fornecedor, a chapa de lote poderá ter a mesma matriz que a peça de produção.

A importância da existência desta chapa de lote deve-se ao facto de ser possível realizar um controlo do estado em que a cor do lote se apresenta. Ter em atenção, que a medição de cor da chapa de lote é correlacionada com as coordenadas de cor exigidas pelo cliente.

Se a cor da chapa de lote estiver conforme com as exigências do cliente, o lote entra para a produção e as peças produção serão pintadas com este lote. Caso contrário, o lote sofrerá ajustes pelo fornecedor e uma nova chapa de lote será pintada por este lote com ajuste e uma medição de cor será realizada.

A tabela 2.6 representa a relação entre cliente, empresa e fornecedor.

Tabela 2.6 - Relação entre cliente, fábrica de pintura e fornecedor de tinta

Cliente	Fábrica de pintura de para-choques	Fornecedor de tintas
<p>Exige a obtenção de determinada cor fornecendo à fábrica de pintura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chapa padrão; • Coordenadas <i>CIELab master</i> 	<p>Exige ao fornecedor que replique a cor comunicada pelo seu cliente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medição de cor da chapa de lote 	<p>Produção do lote de tinta adequado para a aplicação na fábrica de pintura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chapa de lote conforme - o lote avança para produção • Chapa de lote não conforme – aplicar ajustes necessários no lote de tinta

2.6 Processo

O processo de pintura da empresa é dividido por três secções:

- Injeção da matéria-prima;
- Pintura das peças;
- Montagem das peças.

O processo inicia-se na injeção da matéria-prima em que esta é injetada para moldes com o formato desejado. Estes moldes, tanto podem ser para para-choques frontais, traseiros como acessórios dos carros, tais como, os sensores presentes nos para-choques frontais. Importante mencionar que a matéria-prima é polipropileno (*PP*).

De seguida, estas peças irão para a zona de pintura. Antes da aplicação da tinta, as peças necessitam de passar por um pré-tratamento para certificar de que as peças não apresentam sujidades. Para tal, as peças são lavadas com água de pressão removendo sujidades presentes na peça e, de seguida, passam por um *flash-off* que garante a secagem do excesso de água que tenha ficado retido na peça. Este pré-tratamento é designado por *Power-wash*.

Posteriormente, as peças são tratadas por um flameador melhorando assim a aderência entre o *PP* e a tinta quando esta for aplicada.

Seguidamente, as peças passam por três cabines de pintura: a cabine de primário, de base e do verniz, sendo que cada uma destas cabines são seguidas de um *flash-off* e de forno. O *flash-off* é importante para a remoção do excesso de tinta e o forno catalisa a reação de adesão entre a tinta e a peça a que é aplicada.

Depois, as peças são retrabalhadas para corrigir defeitos ligeiros que provenham da aplicação da tinta, tais como, sujidades.

Por fim, as peças são enviadas para a zona de montagem, onde estas são montadas com os acessórios/extras definidos pelo cliente.

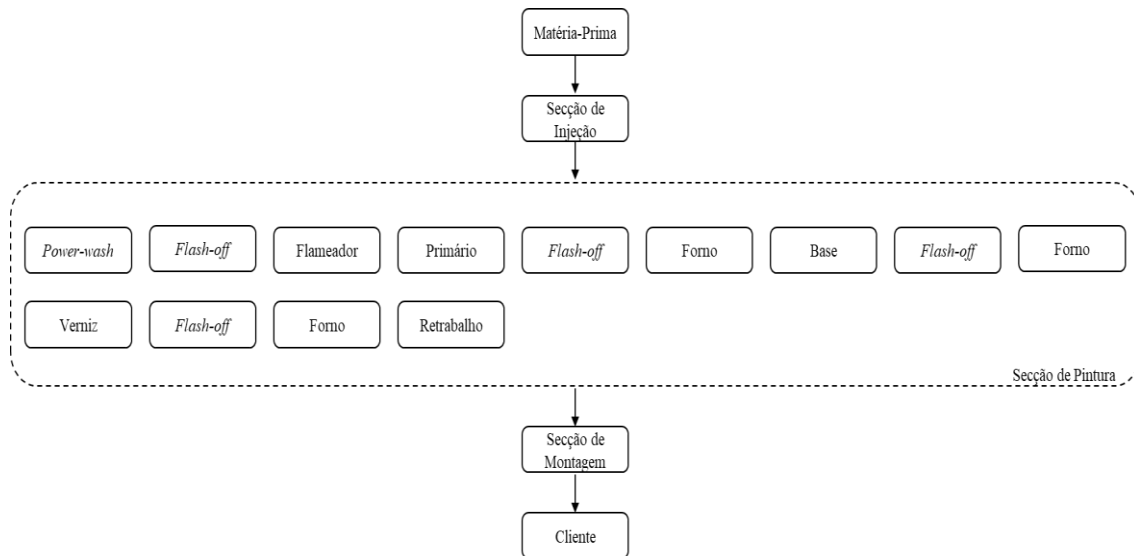


Figura 2.14 - Processo de pintura da empresa

3 Metodologia, materiais e métodos

A metodologia deste trabalho consiste na utilização de técnicas de controlo de qualidade da cor, de modo a identificar a possível tendência entre a chapa de lote e as respetivas peças pintadas.

Para tal, selecionou-se a cor que apresenta maiores dificuldades na obtenção da cor pretendida pelo cliente.

3.1 Seleção da Cor de Estudo

A seleção da cor de estudo teve como objetivo escolher a cor que apresenta maiores dificuldades na replicação pretendida pelo cliente. Como tal, selecionou-se a cor que apresenta a maior taxa de *NOK* (equação 3.1). Uma cor apresenta condição *NOK* quando o seu desvio de cor (*dE*) é superior a 1,70 se for uma cor sólida ou superior a 2,00 se for uma cor metálica (equação 3.2).

Tendo estas condições em mente, realizou-se uma análise do histórico das medições de cor da empresa no intervalo de tempo de setembro de 2021 até fevereiro de 2022 contabilizando na sua totalidade 18504 medições de cor.

Neste estudo, avaliaram-se 9 cores pintadas pela empresa, sendo estas sólidas ou metálicas e rastrearam-se os para-choques frontais (*FSUV*) e traseiros (*RSUV*).

$$\text{Taxa de NOK (\%)} = \frac{n^{\circ} \text{ medições NOK}}{n^{\circ} \text{ medições total}} \times 100 \quad (3.1)$$

$$dE^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.2)$$

3.1.1 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras em que as barras representam frequência da causa em estudo e estas são alinhadas em ordem decrescente, ou seja, a barra maior encontra-se em primeiro no gráfico, enquanto a barra menor encontra-se no fim do gráfico.

O diagrama de Pareto é uma ferramenta útil para analisar frequência de problemas ou causas de determinado processo, para o foco na causa mais significativa ou para simplificação na exposição dos dados obtidos.

Uma vez que se pretende selecionar a cor de estudo que apresenta a taxa de *NOK* superior, o diagrama de Pareto é a ferramenta de análise ideal para este objetivo [40].

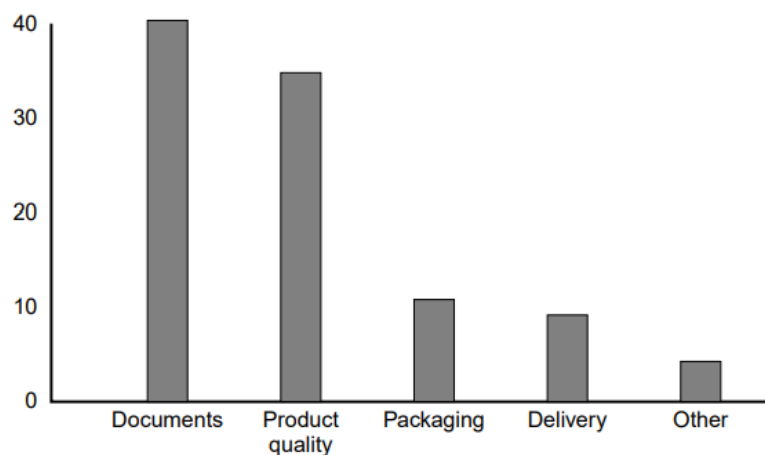


Figura 3.1 – Exemplo de um diagrama de pareto [40]

3.1.2 Espectrofotómetro *BYK mac i*

O espectrofotómetro *BYK mac i* é um espectrofotómetro de multi-ângulo que replica com pormenor a visão do ser humano em diferentes fontes de luz. Além disso, este equipamento permite a observação da amostra nos seguintes ângulos: 15, 25, 45, 75 e 110°. Esta propriedade é de extrema relevância, uma vez que permite a realização das medições de cor de amostras de cor metálicas com elevado detalhe.

As medições de cor realizadas pelo espectrofotómetro *BYK mac i* são representadas nas coordenadas de cor do sistema *CIELab* ou *CIELCh* dependendo se a cor for acromática ou cromática, respetivamente.

Tendo em conta as propriedades deste aparelho, para este estudo utilizou-se a fonte de luz *D65*, uma vez que replica a luz num dia de céu limpo e considerou-se os sistemas de cor *CIELab* e *CIELCh*, pois a empresa utiliza cores cromáticas e acromáticas [20].



Figura 3.2 - Espectrofotómetro *BYK mac i* [20]

3.1.3 BASF ColorCARE

Este aplicativo faz o *display* das medições obtidas com o espectrofotômetro. Além disso, permite a realização de gráficos variados facilitando na análise realizada [18, 40].

3.2 Comparação da cor entre a chapa de lote e respectivas peças

Tendo selecionado a cor de estudo, de seguida, realizaram-se medições de cor aos para-choques frontais (*FSUV*) e traseiros (*RSUV*) de dois lotes de tintas diferentes: um lote de tinta não-conforme (lote 1) e um lote de tinta conforme (lote 2).

Para este estudo, realizaram-se cinco medições de cor para cada chapa de lote e duas medições de cor para cada para-choque.

O lote 1, ou seja, o lote de tinta não-conforme esteve em vigor desde 06 de janeiro de 2022 até 04 de fevereiro de 2022, tendo realizado, 552 medições de cor de peças *FSUV* e 514 medições de cor de peças *RSUV*.

O lote 2, ou seja, o lote de tinta conforme esteve em vigor desde 07 de fevereiro de 2022 até 21 de julho de 2022, tendo realizado, 552 medições de cor de peças *FSUV* e 514 medições de cor de peças *RSUV*.

Posteriormente, realizaram-se gráficos de correlações de cor entre as medições de cor realizadas para os para-choques e as medições de cor realizadas à chapa de lote, para verificar, se existem correlações entre as diferentes coordenadas do sistema *CIELab* e os parâmetros de cabine da base. Os parâmetros de cabine de base considerados para este estudo foram a temperatura (°C), humidade (%) e pressão (Pa).

Foi feita uma análise *Principal Component Analysis (PCA)* para identificar uma possível tendência da cor nos para-choques e uma possível diferenciação estatística entre a cor da chapa de lote e a cor dos para-choques.

Por fim, analisou-se através do *PCA* a cor dos para-choques entre os dois lotes, com o objetivo, de verificar se existem diferenças estatísticas entre os lotes.

3.2.1 Medição da Cor

A medição de cor foi realizada com o espectrofotômetro mencionado previamente, realizando cinco medições na chapa de lote e duas medições nas zonas de harmonia nas peças *FSUV* e *RSUV*, como descrito nas figuras 3.3 a 3.5.

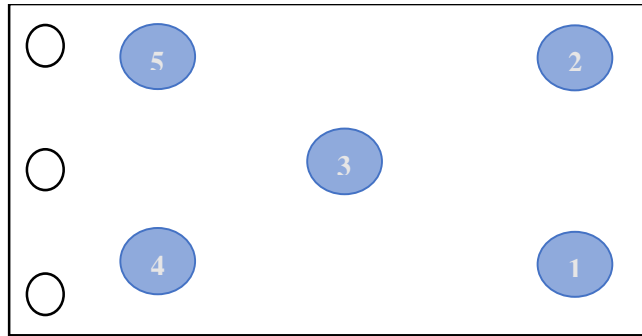


Figura 3.3 - Medições de cor nas chapas de lote

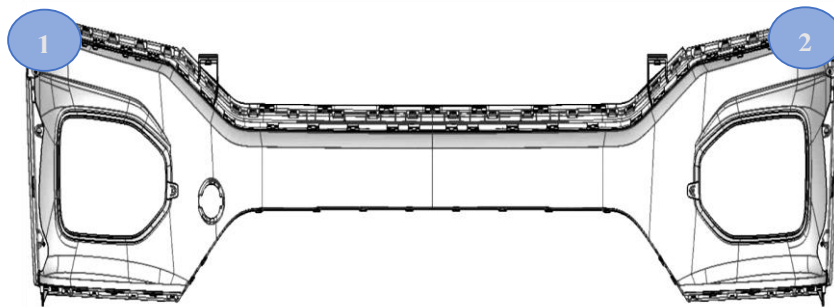


Figura 3.4 - Medições de cor no FSUV

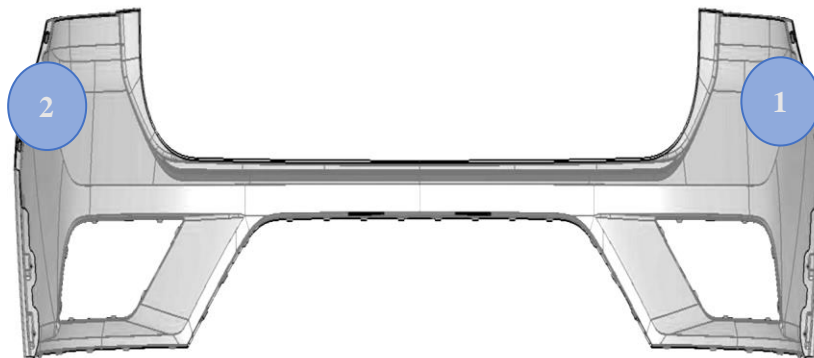


Figura 3.5 - Medições de cor no RSUV

Importante mencionar que os objetos têm de ser limpos antes da realização das medições, sendo aconselhado a limpeza com um pano seco.

3.2.2 Medição dos parâmetros de cabine

A medição dos parâmetros de cabine é realizada três vezes ao dia, ou seja, uma medição por turno.

Para este estudo, foram realizadas medições da temperatura, humidade e pressão da cabine de base, uma vez que pretendemos averiguar exclusivamente a cor dos para-choques.

3.2.3 Principal Component Analysis (PCA)

O *PCA* permite a análise das diferentes medições visualmente sendo perceptível a presença de tendências entre a chapa de lote e as respetivas peças.

O *PCA* transforma os valores para um espaço de coordenadas uniforme permitindo a comparação e correlação de valores de diferentes métricas.

Importante mencionar que esta análise foi realizada através do *trial* do software *JMP* [41–47].

4 Análise dos Resultados obtidos

4.1 Análise dos resultados históricos e seleção das cores de estudo

A empresa pinta com 9 cores diferentes para-choques com substrato de polipropileno (PP) para o cliente. Estas cores são desenvolvidas por fornecedores diferentes, sendo necessário rastrear qual a cor pior caso.

Para a seleção da cor, analisou-se o histórico da fábrica para conferir que cor apresenta a maior taxa de *NOK* na empresa.

Para tal, rastream-se 18504 medições de cor de para-choques frontais (*FSUV*) e para-choques traseiros (*RSUV*) desde o início de setembro de 2021 até final de fevereiro de 2022 e apliquei a fórmula 3.1 descrita na secção 3:

Importante referir que uma medição é considerada *NOK* quando do seu *dE* for superior a 1,70 ou 2,00 dependendo se a medição representa uma cor sólida ou metálica, respetivamente.

Tendo em conta este raciocínio, obteve-se a figura 4.1.

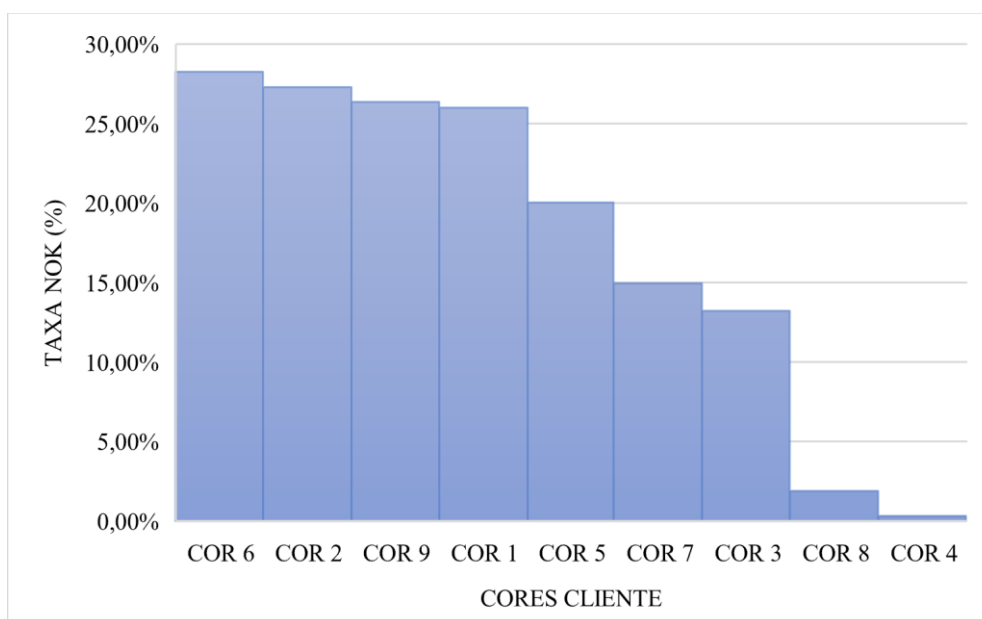


Figura 4.1 - Taxa de *NOK* das diferentes cores exigidas pelo cliente

Pela observação da figura 4.1, afirma-se que a cor com maior taxa de *NOK* é a cor 6 que apresenta uma taxa de *NOK* de 28,26% e, como tal, é a cor selecionada para este estudo.

4.2 Análise dos resultados do desenho de experiências

Tendo selecionado a cor mais crítica, de seguida, realizou-se a análise dos lotes 1 e 2 que correspondem ao lote utilizado de 06 de janeiro de 2022 a 04 de fevereiro de 2022 e ao lote utilizado de 07 de fevereiro de 2022 a 21 de julho de 2022, respetivamente.

4.2.1 Resultados da medição de cor da chapa de lote 1

A partir das cinco medições realizadas na chapa de lote, como previamente descrito, foi possível delinear a figura 4.2.

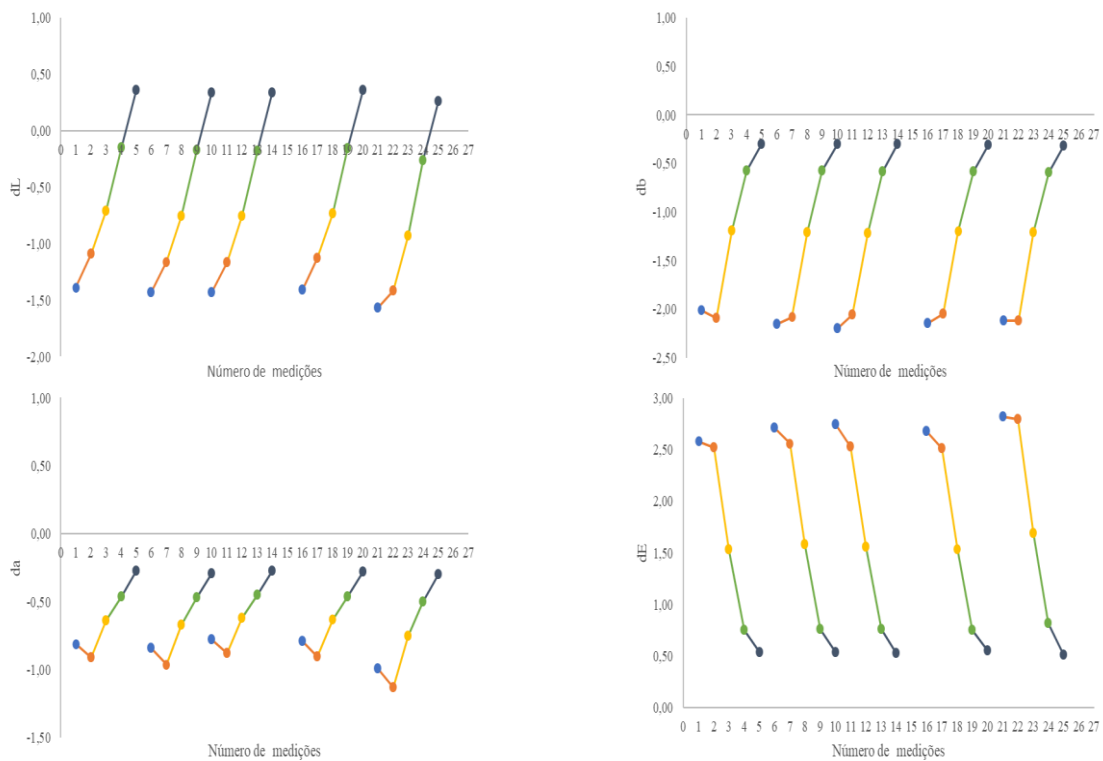


Figura 4.2 - Coordenadas de cor da chapa de lote 1 (os ângulos 15°, 25°, 45°, 75° e 110° estão representados de azul, laranja, amarelo, verde e cinzento, respetivamente)

Pela figura 4.2, é possível observar que o ângulo de 15° e 25° aparentam estar mais azuis e escuros que o suposto tornando o dE superior a 2,0 e que conseqüentemente leva à cor da chapa de lote a estar *NOK* de protocolo nos 5 pontos de medição.

De seguida, iremos averiguar uma análise multivariada e um PCA à cor da chapa de lote com a cor das peças pintadas em produção normal (*FSUV* e *RSUV*).

4.2.1.1 Resultados análise do lote 1 entre a chapa de lote e as peças FSUV

As medições das peças FSUV foram realizadas por auditores de qualidade de pintura experientes, sendo estas nas zonas de harmonia das peças, ou seja, nos pontos *standard* de controlo (Secção 3). As medições de cor foram realizadas entre o dia 06 de janeiro de 2022 até 04 de fevereiro de 2022, tendo obtido 557 medições na sua totalidade (5 chapa de lote + 552 FSUV).

Inicialmente, realizou-se uma análise multivariada de modo a entender as correlações existentes entre os parâmetros, tendo obtido a figura 4.3.

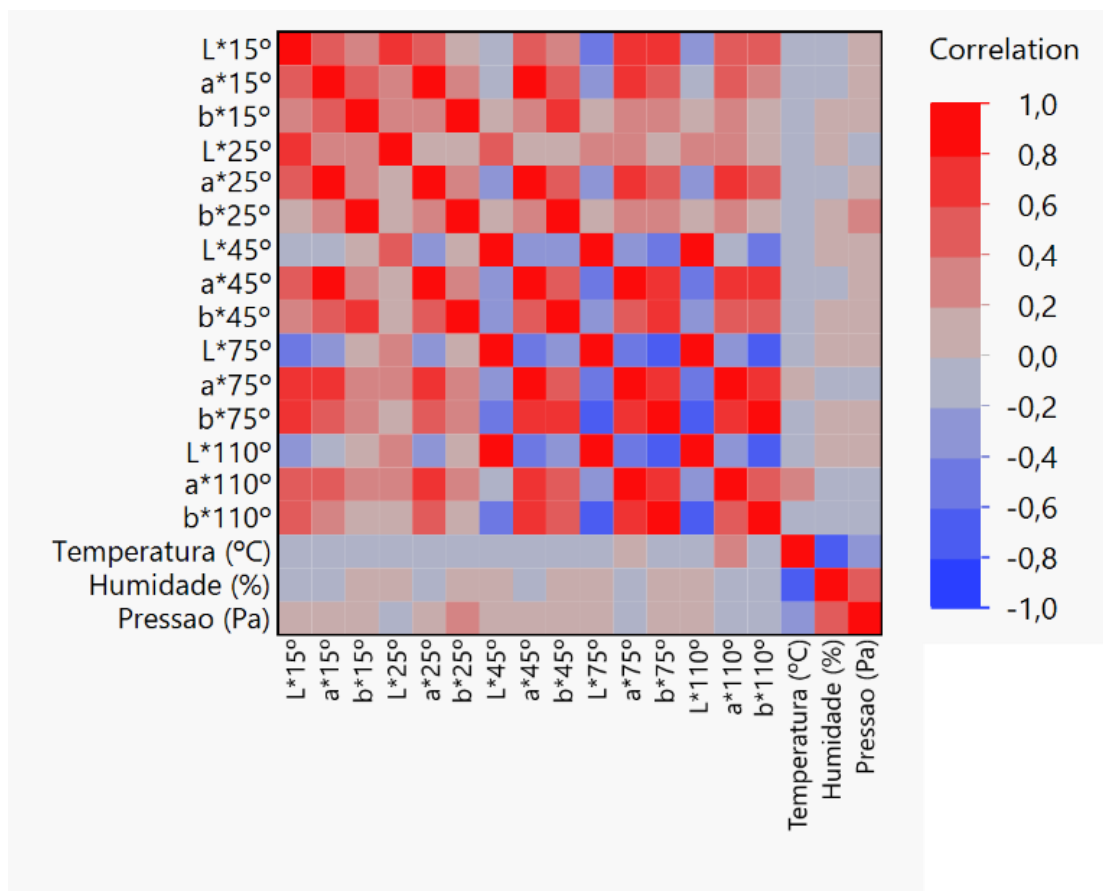


Figura 4.3 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças FSUV do lote 1

Pela figura 4.3, observa-se que existem fracas correlações estatísticas entre as condições de cabine da base com as coordenadas de cor do sistema CIELab, à exceção, das correlações entre temperatura e a coordenada a^* a 110° e entre a coordenada b^* a 25° e a pressão de cabine que apresentam uma correlação estatística positiva significativa.

Relativamente às coordenadas *CIELab*, observa-se que as coordenadas a^* e b^* , ou seja, as coordenadas que descrevem a matiz e vivacidade da cor, vão diminuindo a sua correlação com a coordenada L^* (luminosidade) à medida que os ângulos de observação aumentam. A partir do ângulo de 45° , a correlação passa a ser negativa, sendo mais acentuada na relação entre a coordenada b^* e L^* .

Considerando as coordenadas a^* e b^* , observa-se que as coordenadas estão correlacionadas positivamente nos diferentes ângulos de observação, sendo esta mais elevada no ângulo de 75° .

Relativamente aos parâmetros de cabine da base, averigua-se que a temperatura está negativamente correlacionada com a humidade e pressão, no entanto estes últimos dois parâmetros correlacionam-se positivamente entre eles.

De seguida, aplicou-se o *PCA* a estas medições para verificar se existe alguma diferença/tendência entre a chapa de lote e as respetivas peças *FSUV* pintadas.

Mas antes, teve de se aplicar um *screepplot* para determinar quantos *PC's* são significativos neste estudo. Assumiu-se como significativo estar representado 80% da amostra [42–47].

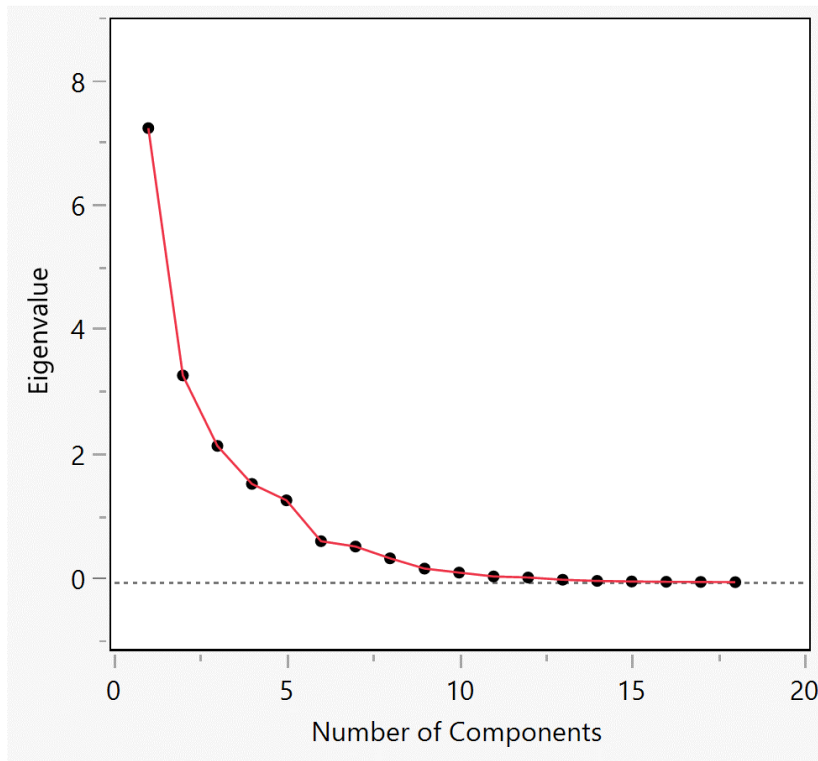


Figura 4.4 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças *FSUV* do lote 1

Tabela 4.1 – Valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 1

Número	Valores Próprios	Porcentagem (%)	Porcentagem cumulativa (%)
1	7,2953	40,530	40,530
2	3,3234	18,464	58,993
3	2,1923	12,179	71,172
4	1,5823	8,790	79,963
5	1,3185	7,325	87,288
6	0,6627	3,682	90,969
7	0,5765	3,203	94,172
8	0,3873	2,152	96,324
9	0,2223	1,235	97,559
10	0,1583	0,879	98,438
11	0,0958	0,532	98,971
12	0,0796	0,442	99,413
13	0,0433	0,240	99,653
14	0,0246	0,137	99,790
15	0,0149	0,083	99,873
16	0,0104	0,058	99,930
17	0,0078	0,043	99,974
18	0,0047	0,026	100,000

Pela observação tanto da figura 4.4 como da tabela 4.1, é possível aferir que 5 PC's são significativos para este estudo.

Por fim, realizou-se o PCA aos 5 PC's identificando possíveis tendências.

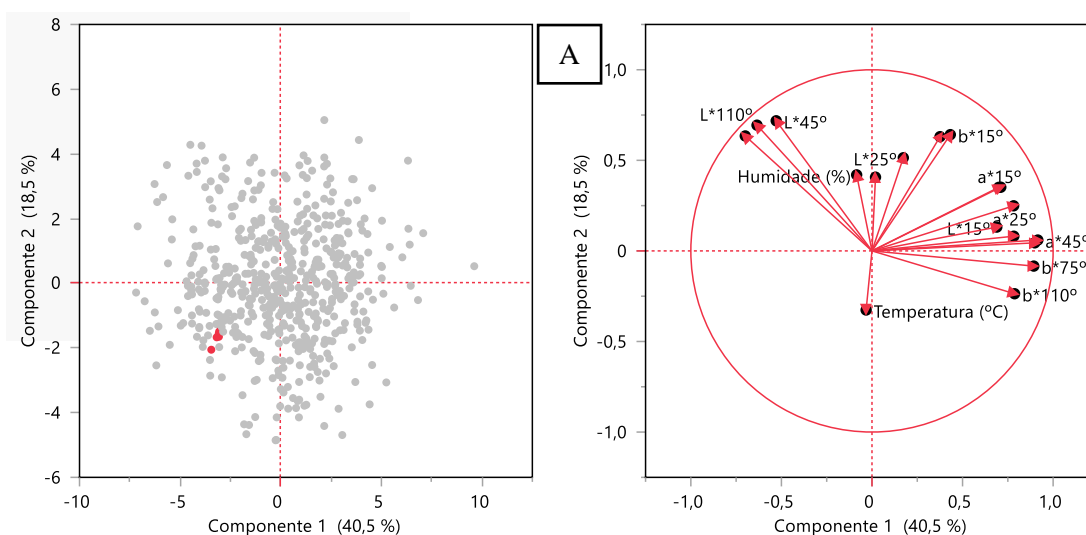


Figura 4.5 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

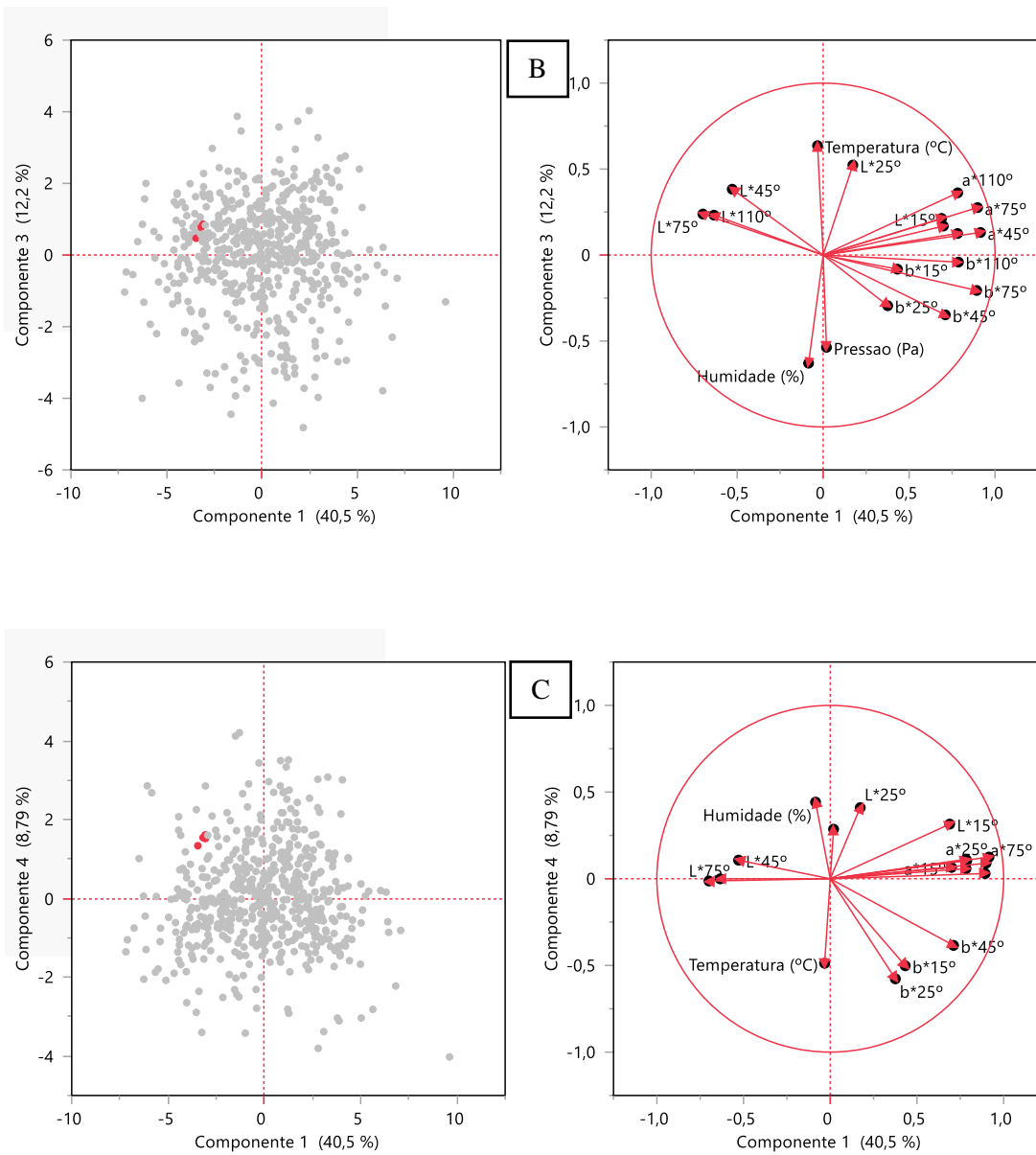


Figura 4.6 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

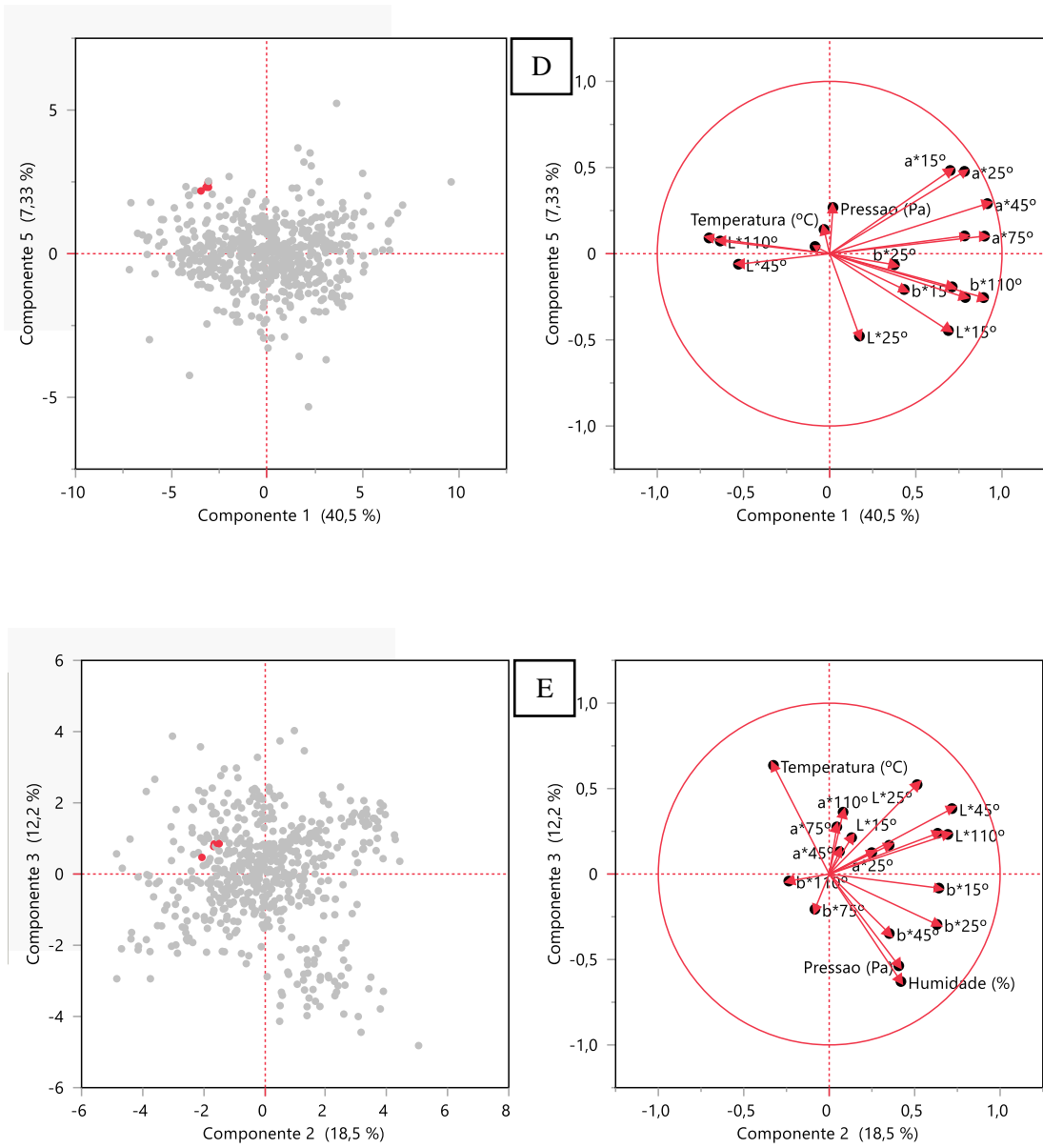


Figura 4.7 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

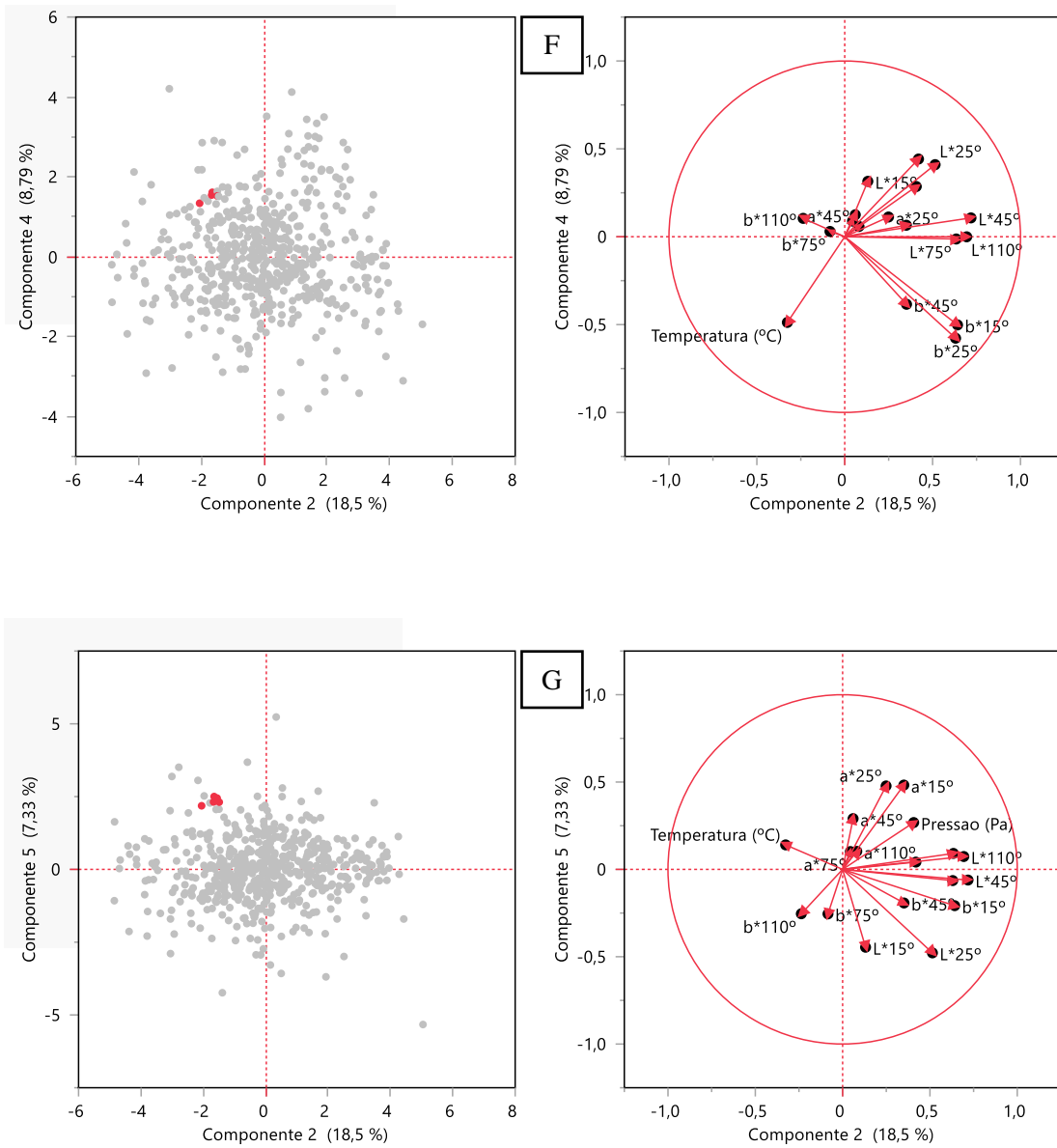


Figura 4.8 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

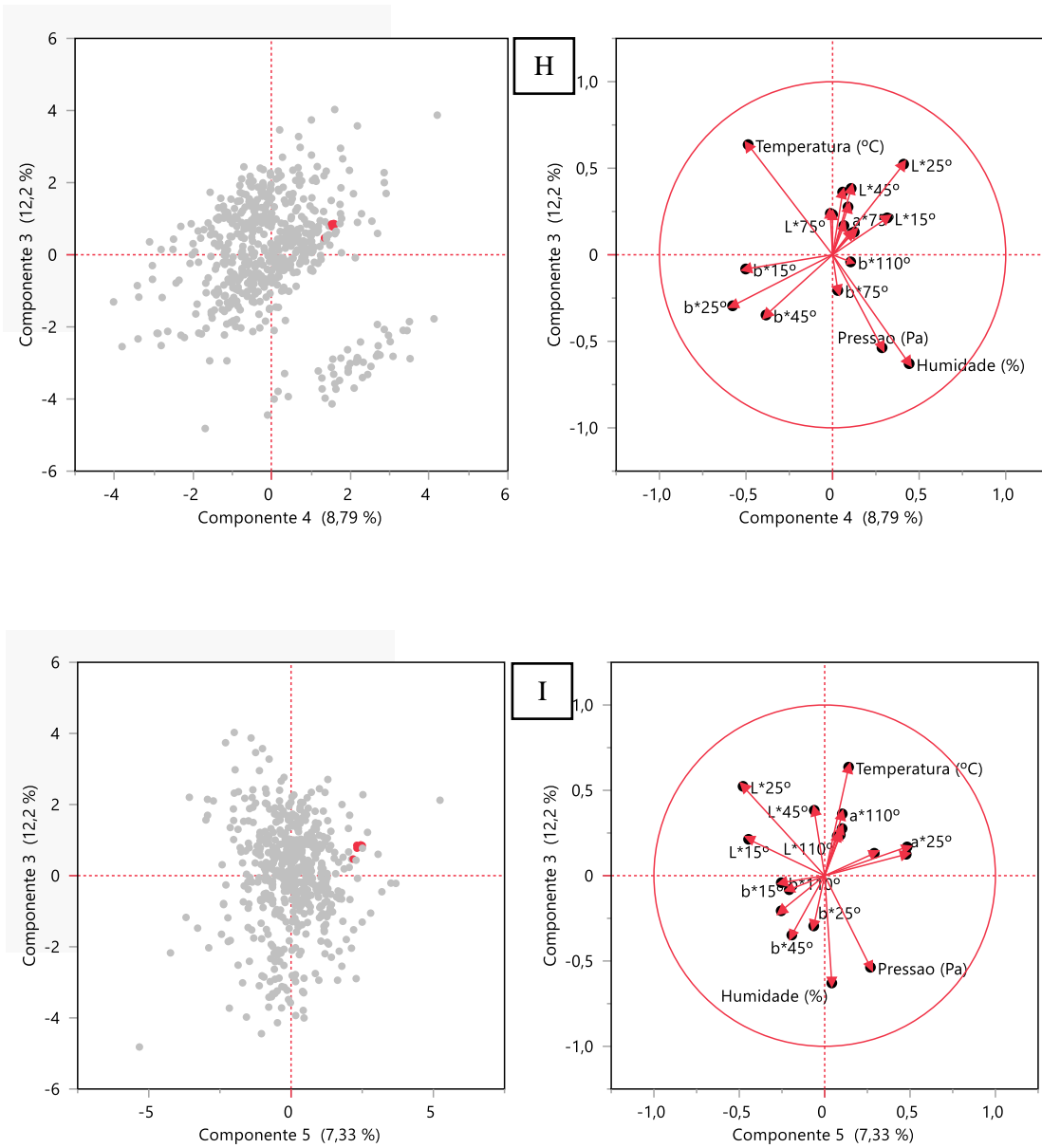


Figura 4.9 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

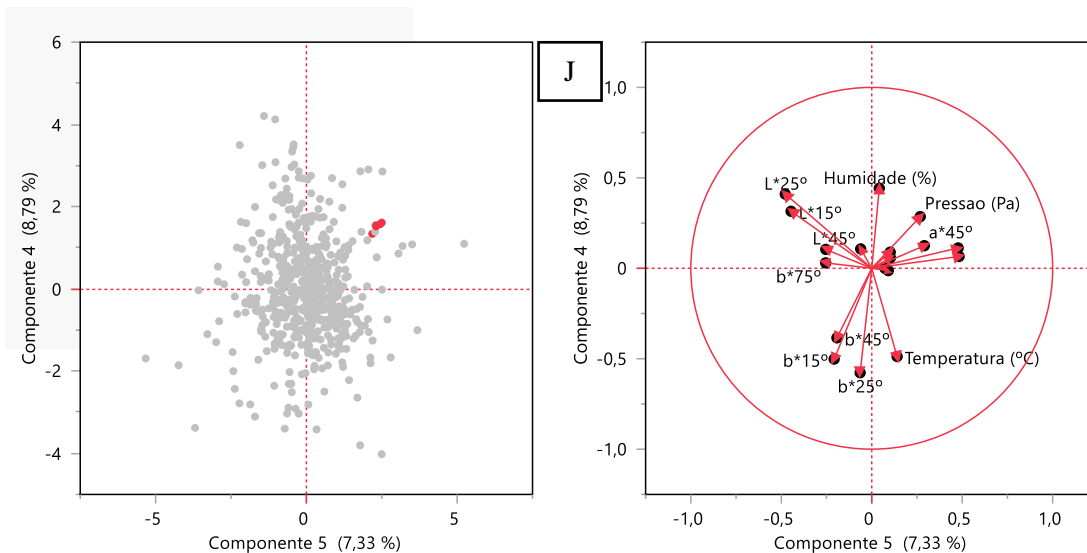


Figura 4.10 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

A partir da figura 4.5 representada acima, verifica-se a distinção de dois grupos aquando relacionando o $PC2$ vs $PC3$ e o $PC4$ vs $PC3$. Na figura E, um dos grupos distintos demonstra uma correlação positiva relativamente à pressão e humidade de cabine e à coordenada b^* nos ângulos 15° , 25° e 45° , enquanto, na figura H, as correlações positivas diferem exclusivamente nos ângulos da coordenada b^* , sendo estes 75° e 110° .

Além disso, nas restantes figuras, não se observa nenhuma diferença significativa entre a chapa de lote e as peças FSUV nem tendência na cor destas peças, uma vez que existe uma panóplia de medições que cobrem os quatro quadrantes dos eixos, sendo impossível determinar as correlações entre os diferentes parâmetros e as cores das peças.

Contudo, é importante mencionar que em todas as figuras à exceção das figuras D e E, as medições dos parâmetros relativamente à chapa de lote encontram-se nos limites da nuvem de medições obtidas.

Por fim, verifica-se pelos eixos da figura 4.5, que estas análises apresentam uma proporção de variância baixa, sendo a figura A a que apresenta a proporção de variância superior com um valor de 59%. A proporção de variância é considerada ótima a partir de 80%.

4.2.1.2 Resultados análise do lote 1 entre a chapa de lote e as peças RSUV

As medições das peças RSUV foram realizadas por auditores de qualidade de pintura experientes, sendo estas nas zonas de harmonia das peças, ou seja, nos pontos *standard* de controlo (Secção 3). As medições de cor foram realizadas entre o dia 06 de janeiro de 2022 até

04 de fevereiro de 2022, tendo obtido 519 medições na sua totalidade (5 chapa de lote + 514 RSUV).

Como descrito na secção anterior, iniciou-se pela análise multivariada obtendo-se a figura 4.6.

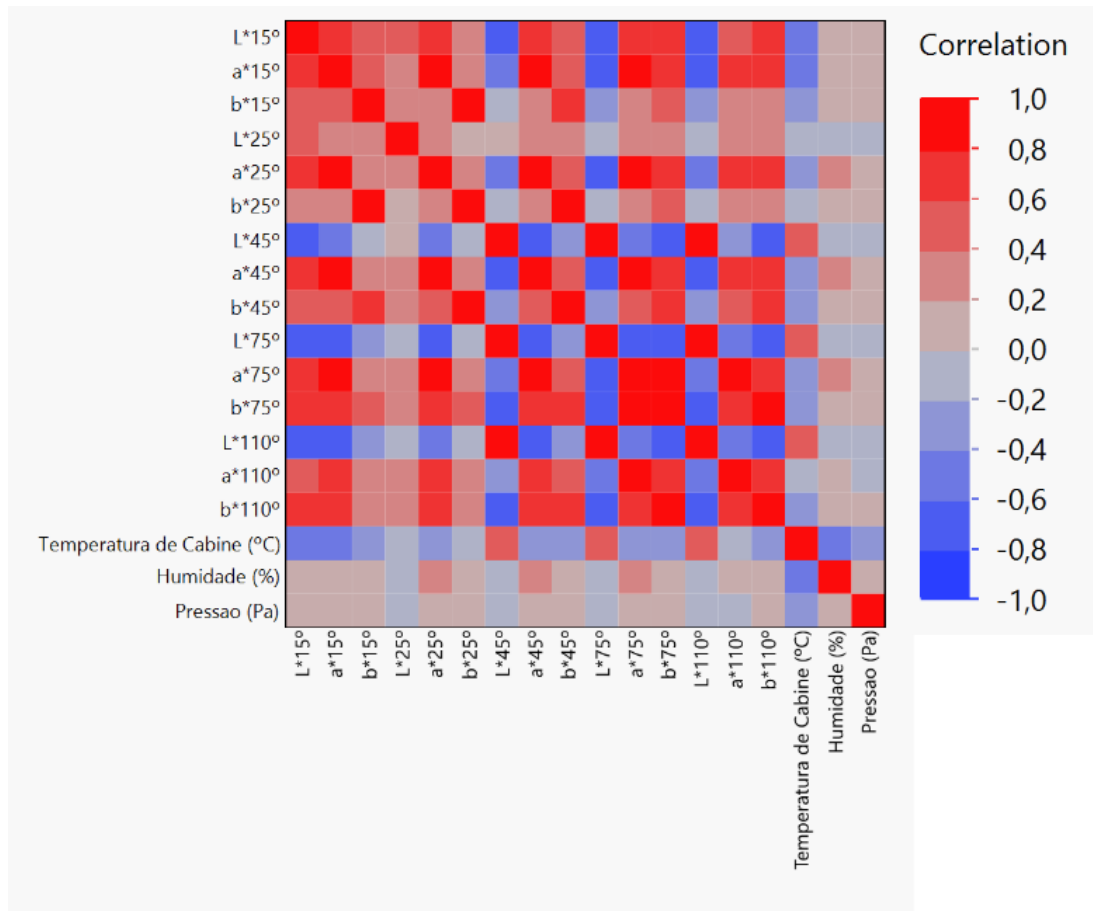


Figura 4.611 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças RSUV do lote 1

Tal como nas correlações com as peças FSUV, observa-se que não existem correlações relevantes entre os parâmetros de cabine da base com as coordenadas do sistema CIELab. Apesar desta situação, é de salientar que o parâmetro de temperatura de cabine aumentou de intensidade em relação às correlações com as coordenadas de cor.

Mais uma vez, observa-se que à medida que se aumenta o ângulo de observação, mais negativa se torna a correlação entre a coordenada L^* com as coordenadas a^* e b^* , sendo o ponto de viragem observado no ângulo de 45°. Além disso, as coordenadas a^* e b^* apresentam uma correlação positiva idêntica às correlações descritas com as peças FSUV.

Relativamente à coordenada L^* , verifica-se uma inversão nas correlações com os outros parâmetros de estudo a partir do ângulo de observação de 45° , ou seja, as correlações estatísticas positivas passaram a ser negativas e vice-versa.

No entanto, o comportamento entre os parâmetros de cabine difere um pouco. A correlação da temperatura com a humidade e pressão continua a ser negativa, mas a correlação entre estas duas últimas é praticamente nula, ou seja, os seus valores são independentes entre estes.

Além disso, averigua-se que na generalidade as coordenadas de cor estão correlacionadas positivamente entre os diferentes ângulos de contacto, ou seja, a coordenada a^*15° está correlacionada positivamente com a coordenada a^*25° e assim adiante.

De seguida, realizou-se um *screepplot*, como descrito anteriormente para determinar o número de *PC*'s necessários para este estudo, e o *PCA*.

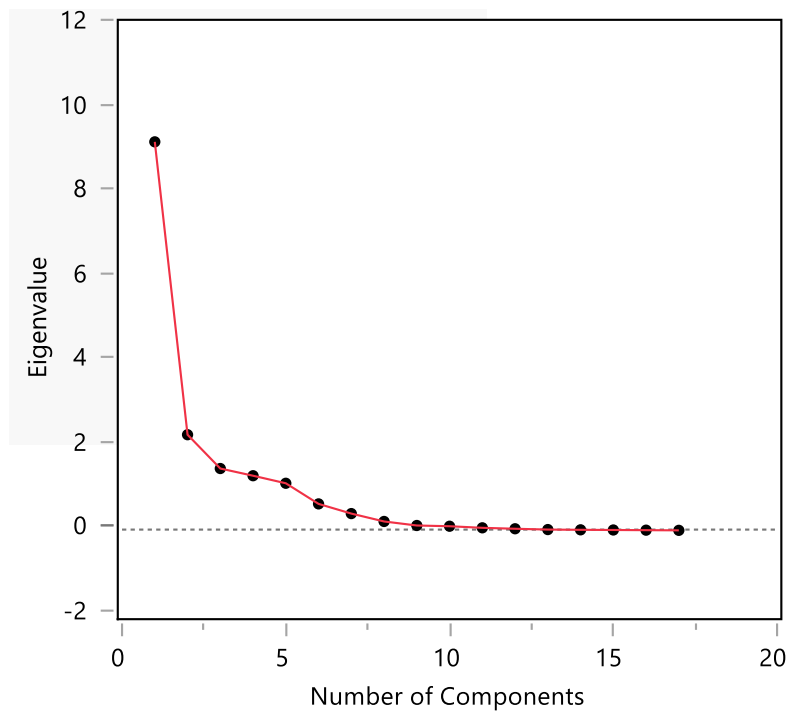


Figura 4.12 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 1

Tabela 4.2 - Valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 1

Número	Valores Próprios	Percentagem (%)	Percentagem cumulativa (%)
1	9,2096	54,174	54,174
2	2,2698	13,352	67,526
3	1,4688	8,640	76,166
4	1,2982	7,636	83,802
5	1,1194	6,584	90,386
6	0,6306	3,710	94,096
7	0,4009	2,358	96,454
8	0,2144	1,261	97,715
9	0,1188	0,699	98,414
10	0,1012	0,595	99,009
11	0,0639	0,376	99,385
12	0,0415	0,244	99,629
13	0,0223	0,131	99,761
14	0,0164	0,096	99,857
15	0,0124	0,073	99,930
16	0,0080	0,047	99,977
17	0,0039	0,023	100,000

Pela observação tanto da figura 4.7 como da tabela 4.2, afirma-se que existem 4 PC's significativos.

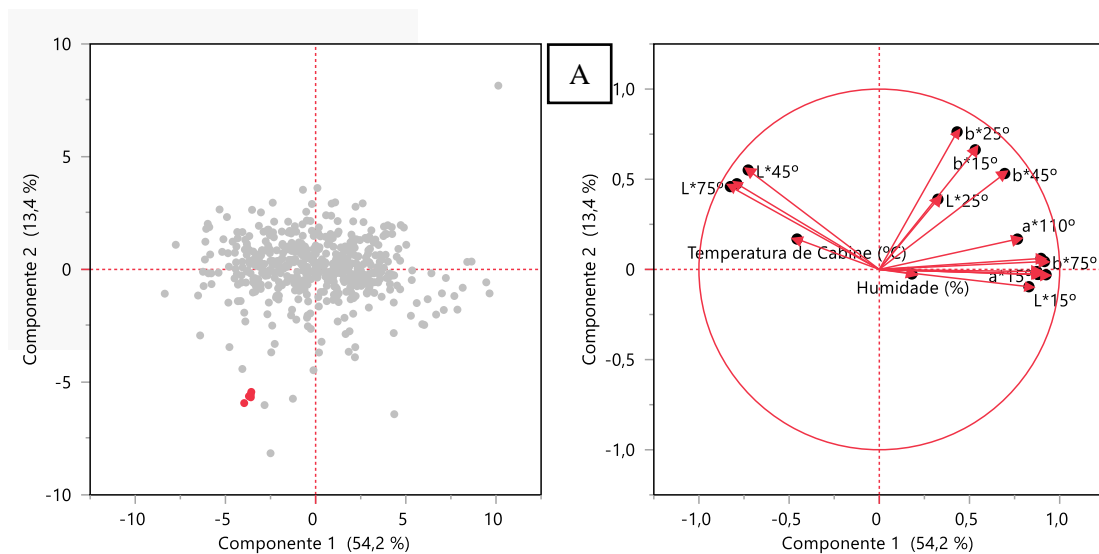


Figura 4.8 - PCA e Loading Plot dos quatro PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

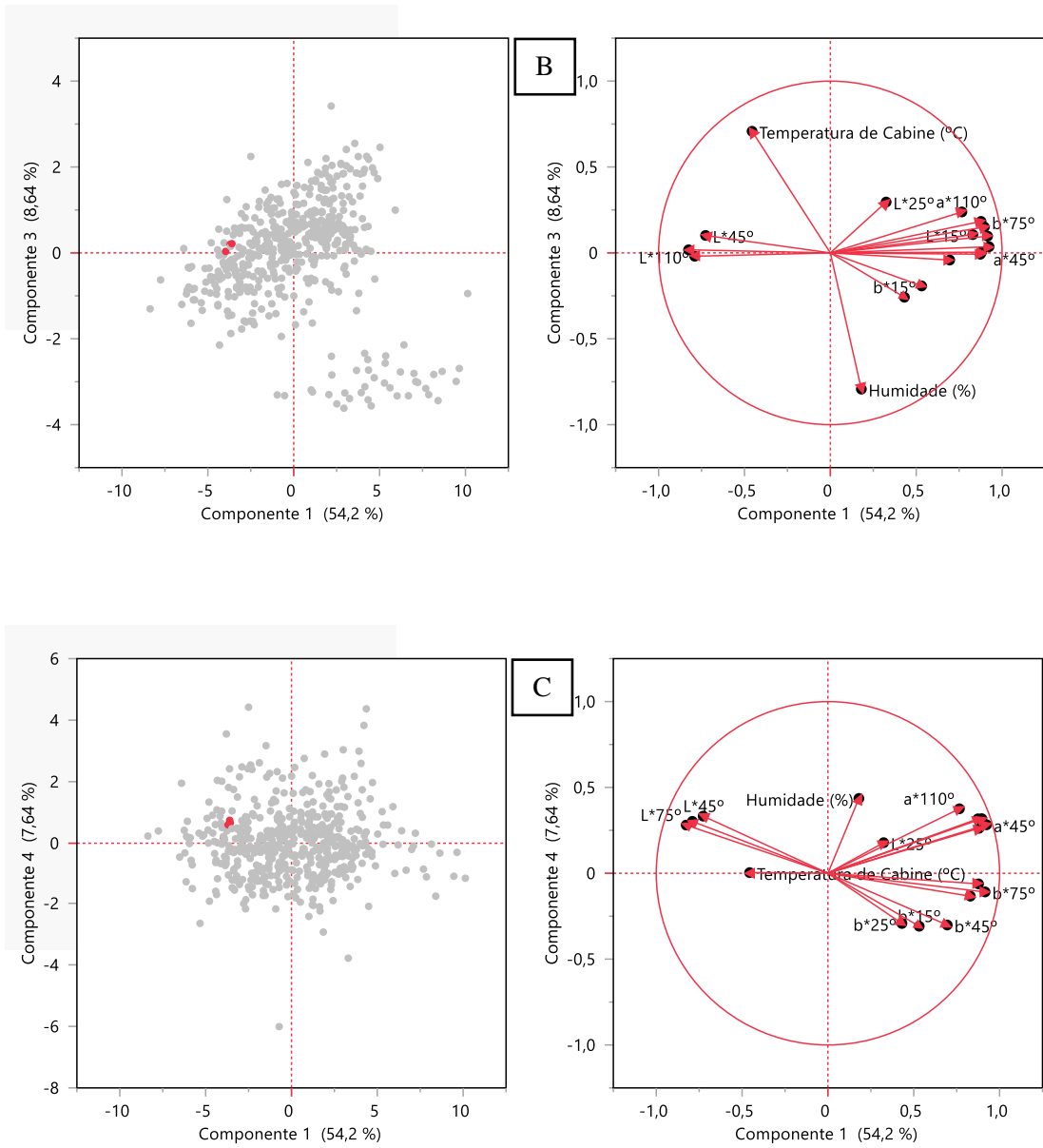


Figura 4.8 - PCA e Loading Plot dos quatro PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

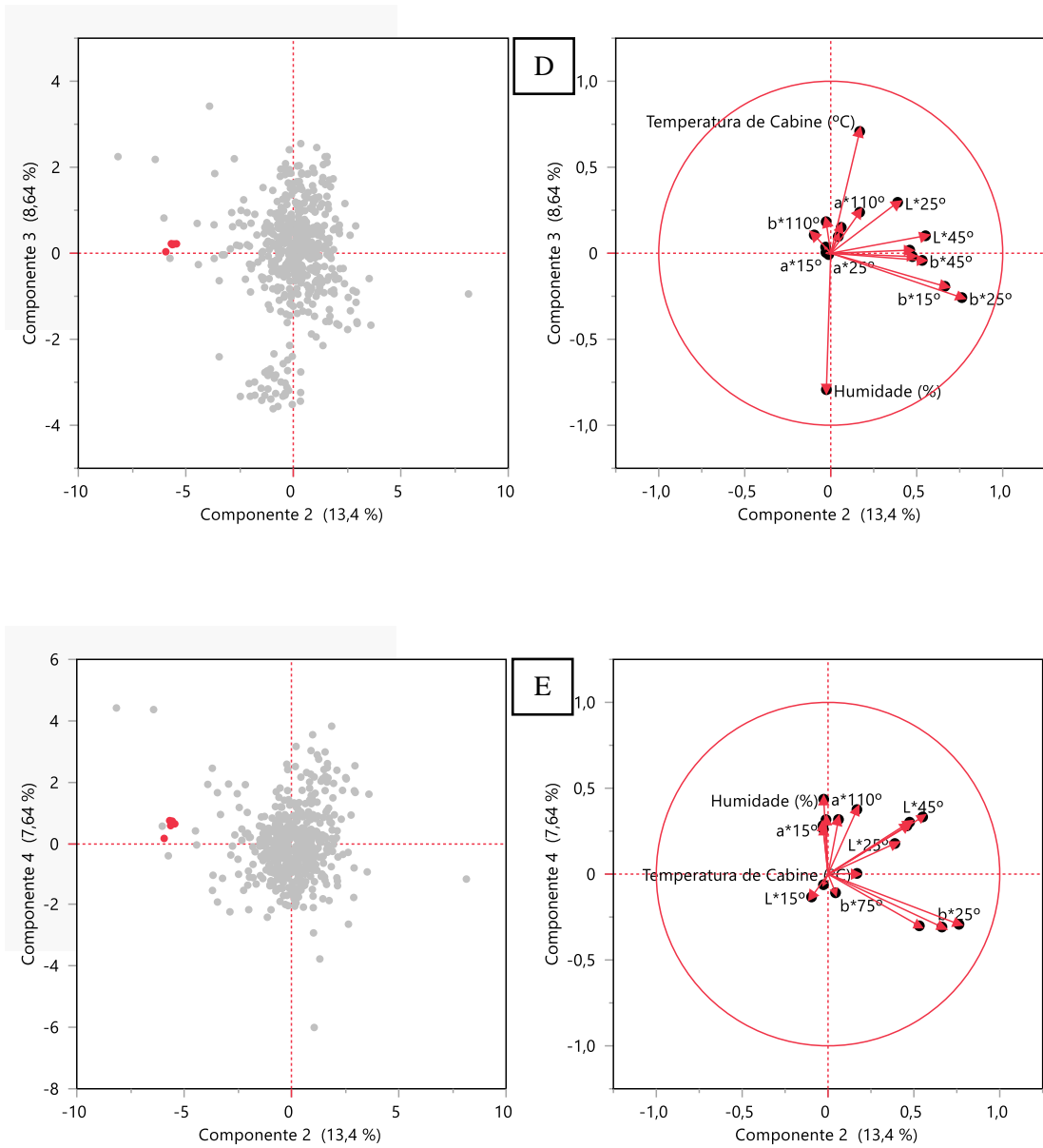


Figura 4.8 - PCA e Loading Plot dos quatro PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

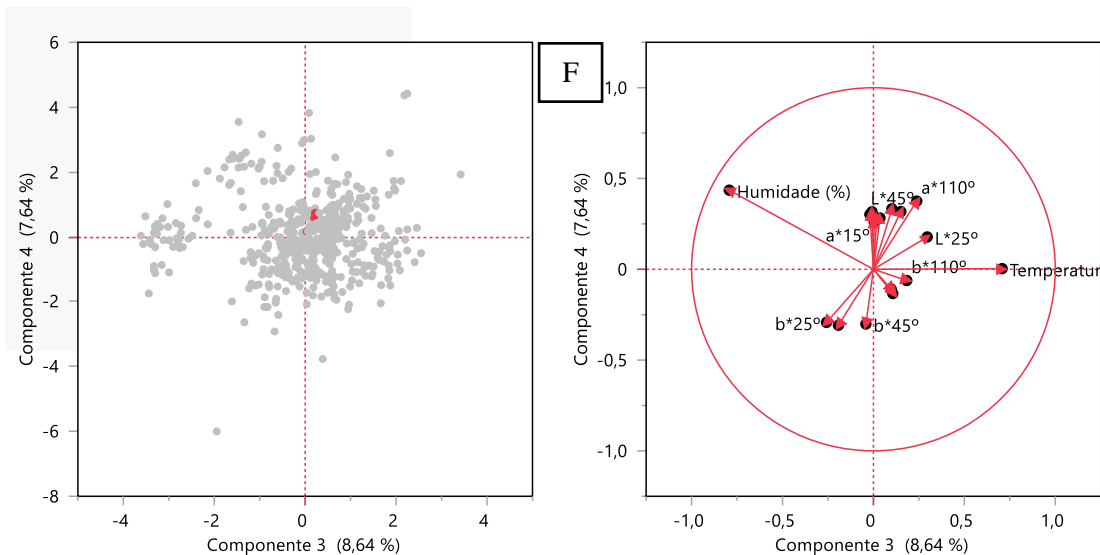


Figura 4.8 - PCA e Loading Plot dos quatro PC's do lote 1 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

Pela observação das figuras 4.8, analisa-se uma distinção significativa entre as medições da chapa de lote das medições das peças RSUV nas figuras que contêm o PC2. Importante salientar, que nestas situações, as medições da chapa de lote apresentam uma correlação negativa em relação às coordenadas CIELab.

As figuras com a representação de PC3, apresentam dois grupos distintos, sendo que a chapa de lote se engloba no grupo mais significativo. Relativamente ao outro grupo, este é bastante influenciado pelos valores de humidade de cabine da base.

Em relação ao PC1 e PC4, não existe uma diferença distinta entre chapa de lote e peças RSUV nem é possível determinar alguma tendência dentro destas peças, uma vez que as representações apresentam uma nuvem de medições dispersa.

Além disso, verifica-se novamente uma baixa proporção de variância, sendo a figura A a que apresenta a proporção mais elevada com um valor de 67,6%.

4.2.2 Resultados da medição de cor da chapa de lote 2

A partir das cinco medições realizadas na chapa de lote, como previamente descrito, foi possível delinear a figura 4.9.

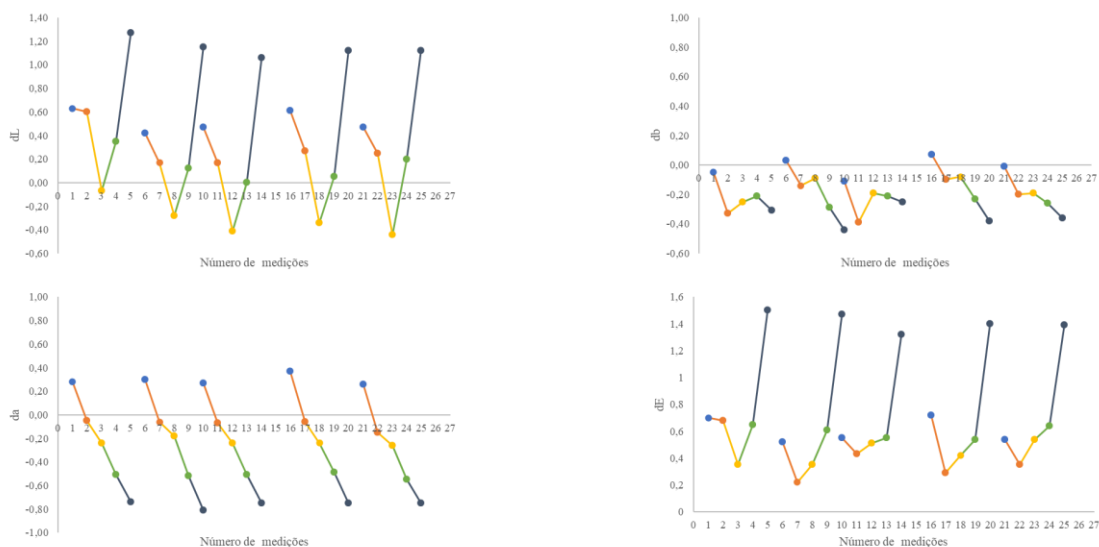


Figura 4.13 - Coordenadas de cor da chapa de lote 2 (os ângulos 15°, 25°, 45°, 75° e 110° estão representados de azul, laranja, amarelo, verde e cinzento, respetivamente)

Pela observação da figura 4.9, averigua-se que a cor da chapa de lote se encontra centrada, enquanto apresenta uma luminosidade ligeiramente clara.

Além disso, pelo gráfico da coordenada *da*, verifica-se uma diferença na tendência de cor, ou seja, no ângulo de observação de 15° a chapa de lote encontra-se mais avermelhada, enquanto nos ângulos de observação de 75 e 110° a chapa de lote encontra-se mais esverdeada.

No entanto, ainda se encontra dentro dos requisitos do cliente e, como tal, a cor da chapa de lote encontra-se *OK* de protocolo.

4.2.2.1 Resultados análise do lote 2 entre a chapa de lote e as peças FSUV

As medições das peças *FSUV* foram realizadas por auditores de qualidade de pintura experientes, sendo estas nas zonas de harmonia das peças, ou seja, nos pontos *standard* de controlo (Secção 3). As medições de cor foram realizadas entre o dia 07 de fevereiro de 2022 até 21 de julho de 2022, tendo obtido 4185 medições na sua totalidade (5 chapa de lote + 4180 *FSUV*).

Como descrito na secção anterior, iniciou-se pela análise multivariada obtendo-se a figura 4.10.

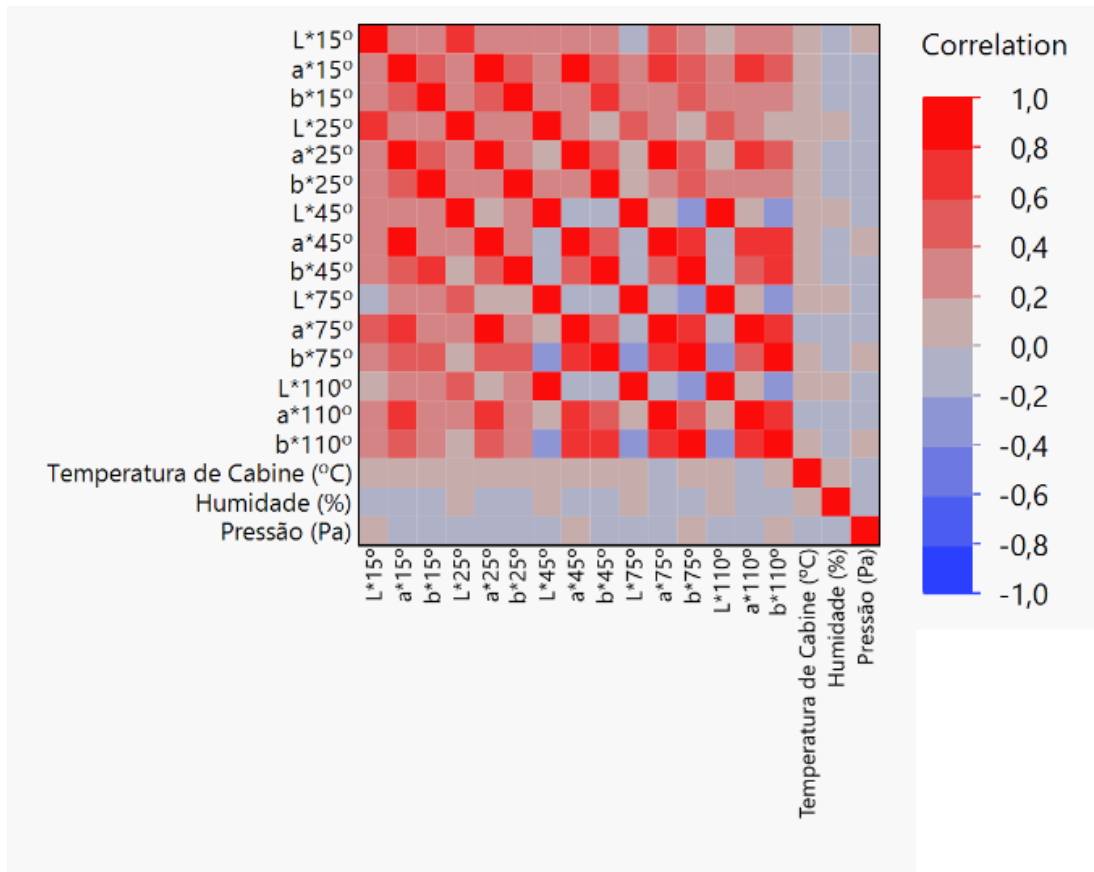


Figura 4.14 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças FSUV do lote 2

Pela observação da figura 4.10, é possível afirmar que existe uma fraca correlação estatística entre os parâmetros de cabine da base com as coordenadas do sistema *CIELab*. Além disso, averigua-se que as condições de cabine são distintas umas das outras.

Relativamente às coordenadas de cor, observa-se que quanto maior for o ângulo de observação, mais negativa se torna a correlação entre a coordenada L^* com as coordenadas a^* e b^* . Contudo, as coordenadas a^* e b^* quanto maior for o ângulo de observação, mais positiva se torna a correlação entre elas.

Importante salientar que na generalidade as coordenadas de cor estão correlacionadas positivamente entre os diferentes ângulos de contacto, ou seja, a coordenada a^*15° está correlacionada positivamente com a coordenada a^*25° e assim adiante.

De seguida, realizou-se um *screepplot*, como descrito anteriormente para determinar o número de *PC's* necessários para este estudo, e o *PCA*.

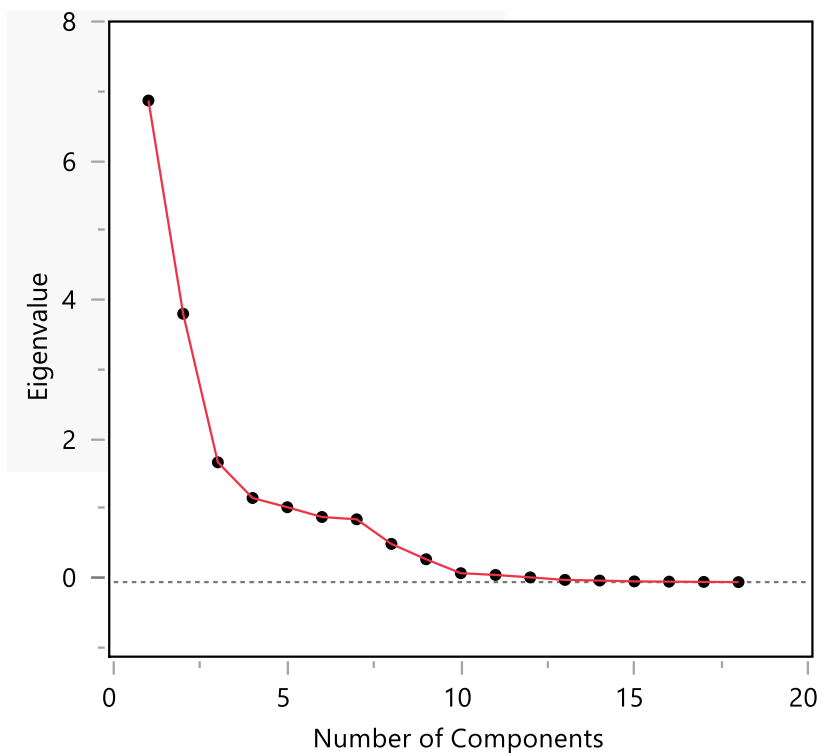


Figura 4.15 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 2

Tabela 4.3 – Valores próprios da chapa de lote e das peças FSUV do lote 2

Número	Valores Próprios	Percentagem (%)	Percentagem Cumulativa (%)
1	6,9295	38,497	38,497
2	3,8644	21,469	59,966
3	1,7287	9,604	69,570
4	1,2157	6,754	76,324
5	1,0834	6,019	82,343
6	0,9429	5,238	87,581
7	0,9095	5,053	92,634
8	0,5561	3,089	95,723
9	0,3352	1,862	97,586
10	0,1351	0,751	98,336
11	0,1099	0,611	98,947
12	0,0748	0,416	99,363
13	0,0384	0,214	99,576
14	0,0292	0,162	99,738
15	0,0169	0,094	99,832
16	0,0135	0,075	99,907
17	0,0100	0,055	99,963
18	0,0067	0,037	100,000

Pela observação tanto da figura 4.11 como da tabela 4.3, afirma-se que existem 5 PC's significativos.

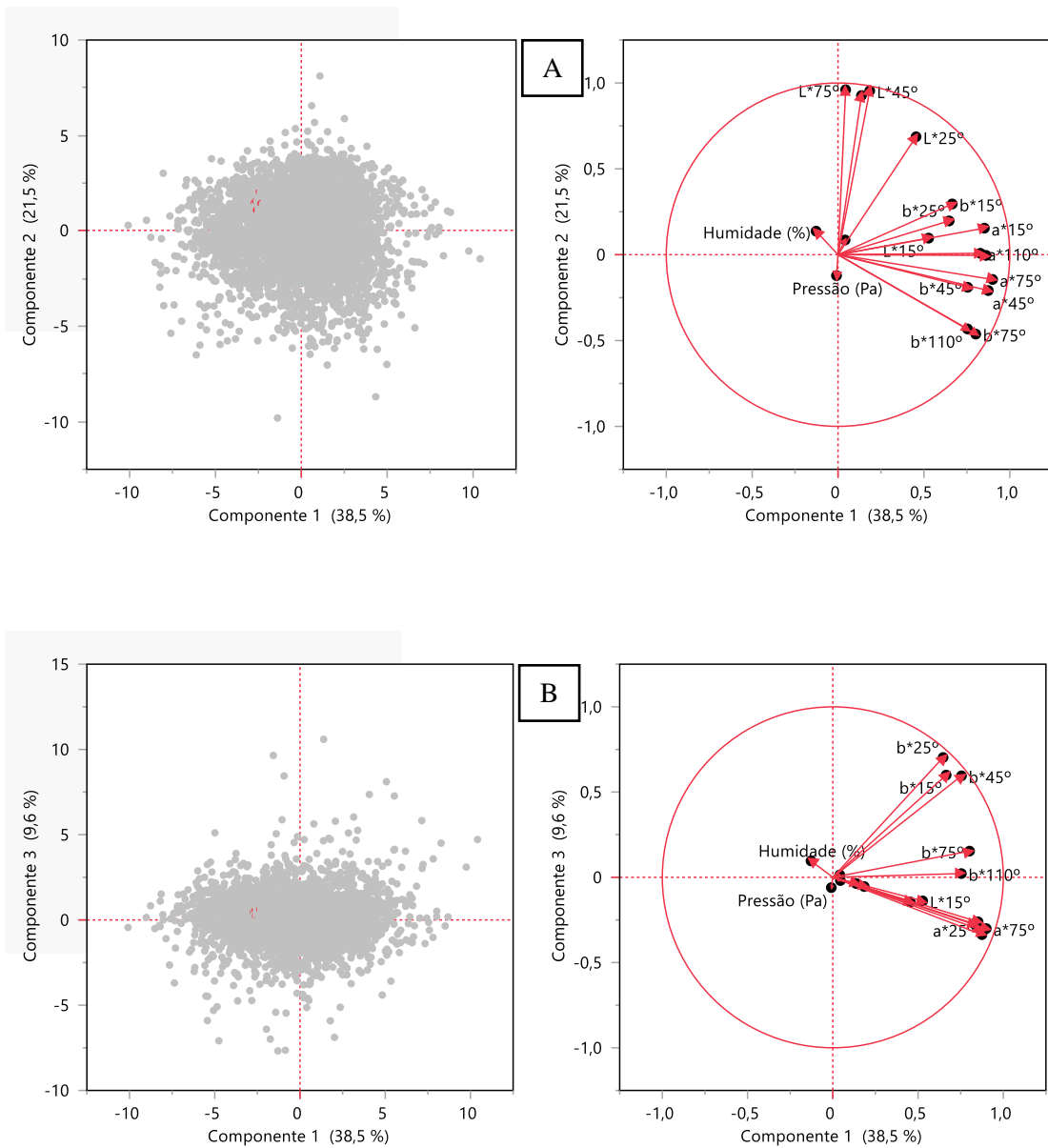


Figura 4.16 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

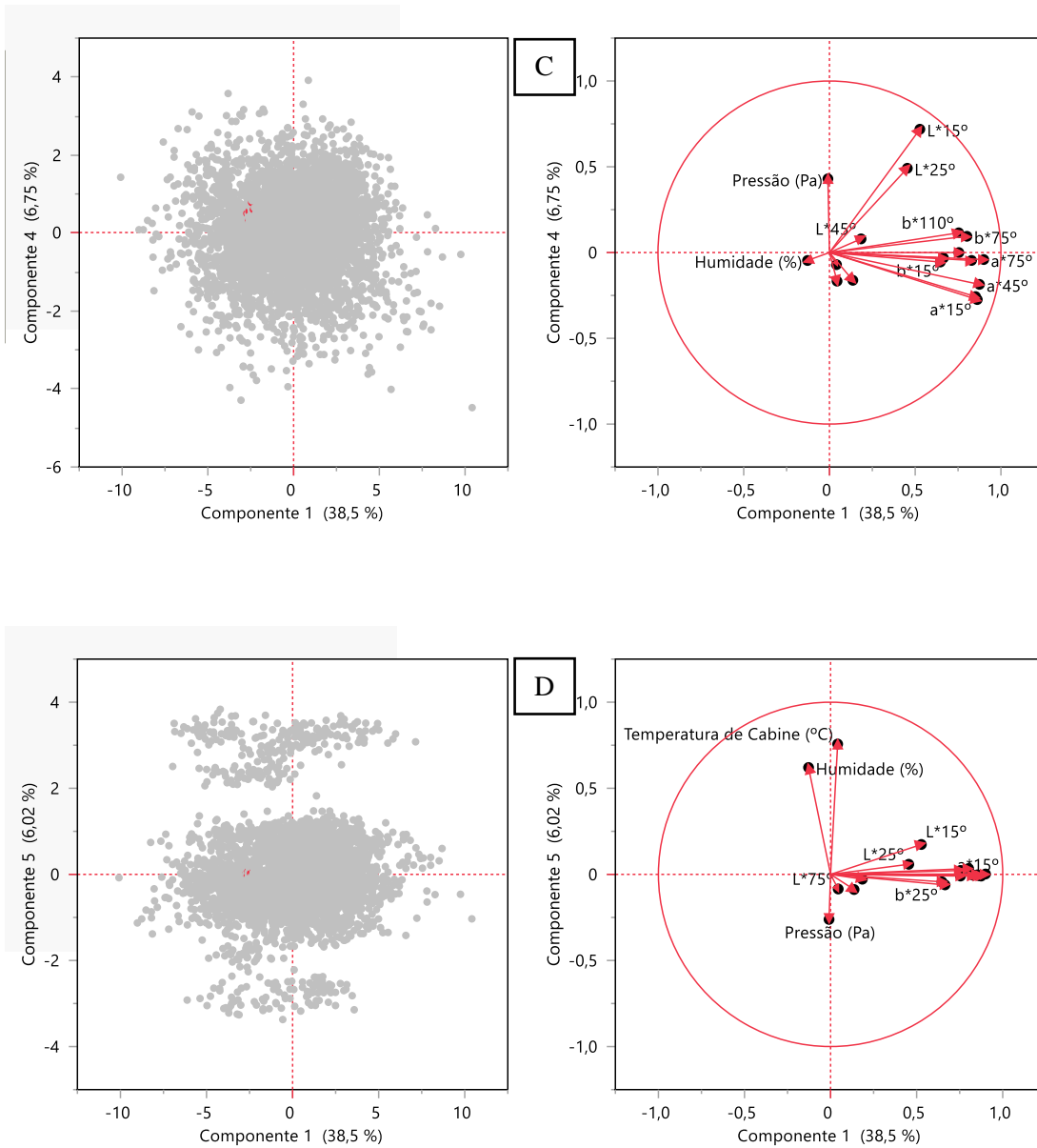


Figura 4.17 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

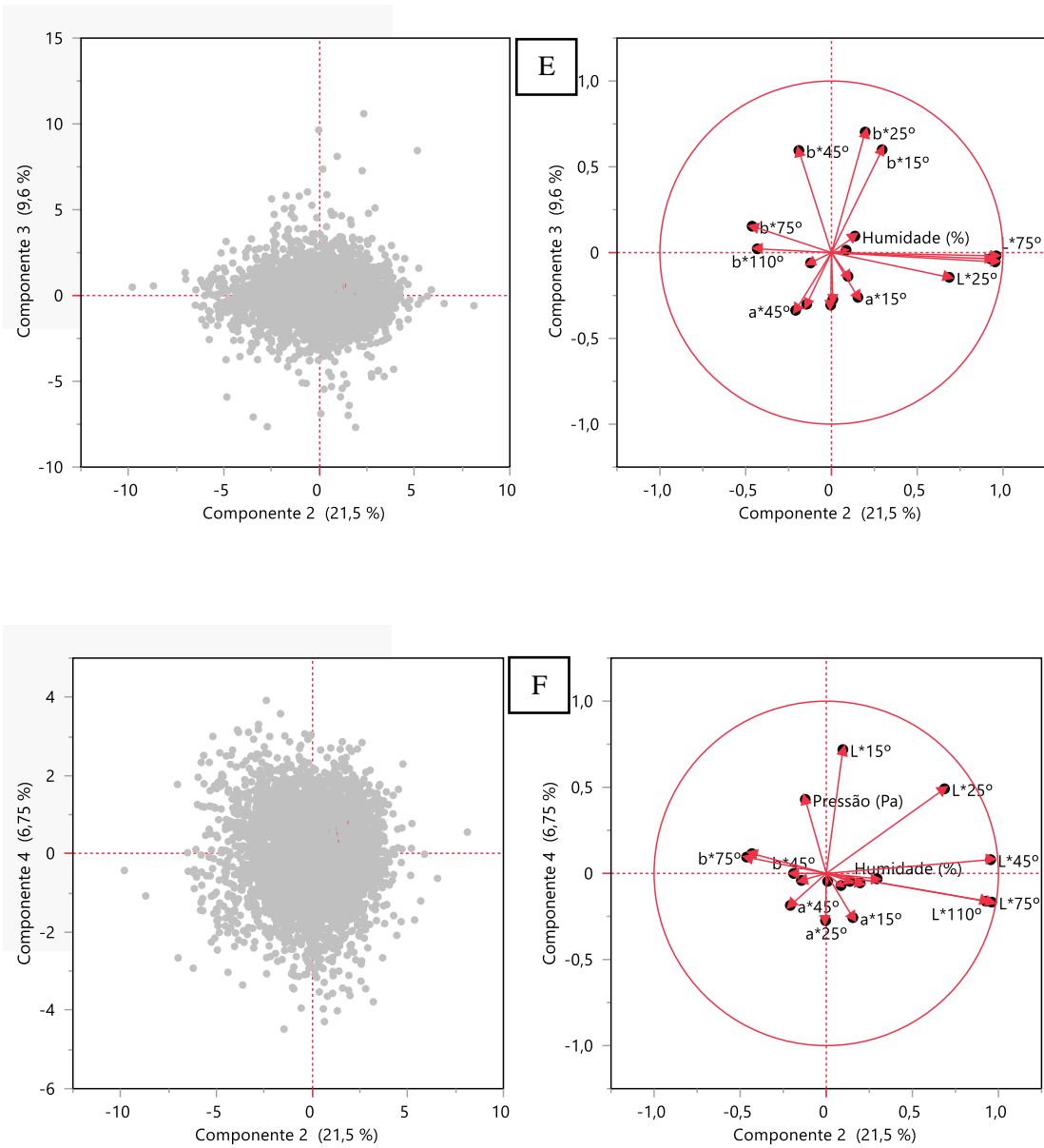


Figura 4.18 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

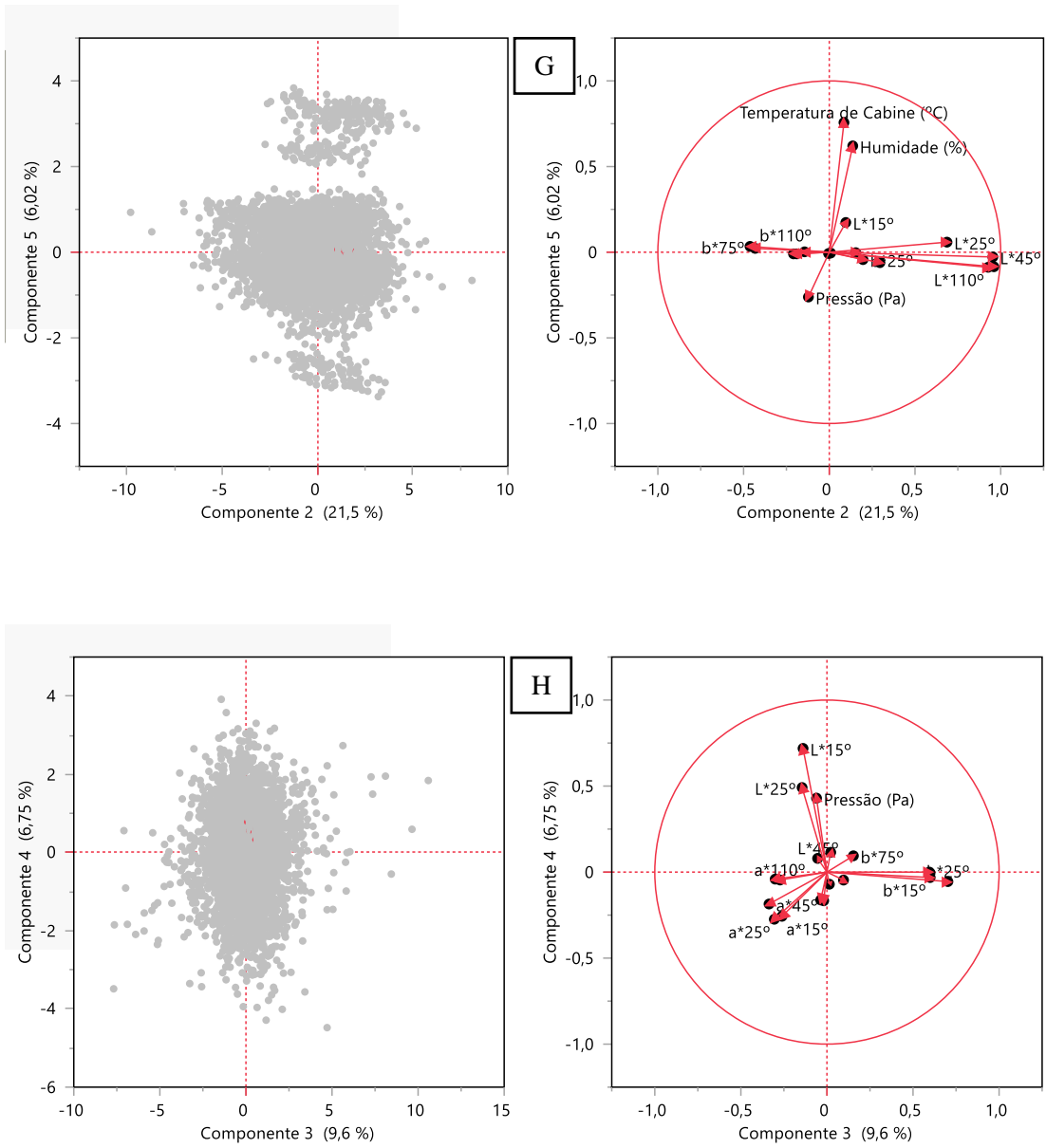


Figura 4.19 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

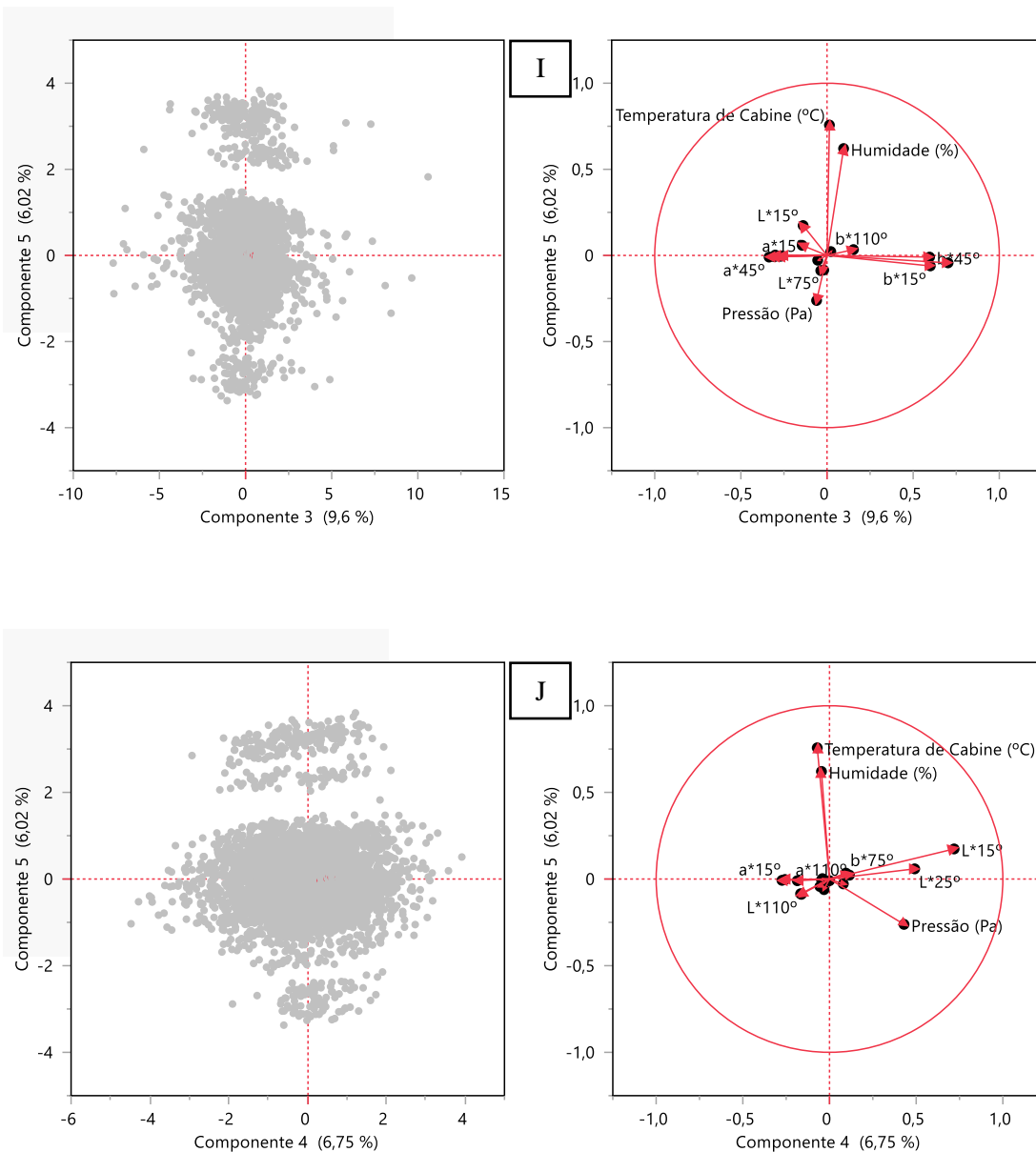


Figura 4.20 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças FSUV)

Pela observação das figuras 4.12, averigua-se que na generalidade não existe uma distinção entre as medições da chapa de lote das medições das peças FSUV.

No entanto, as figuras que representam o PC5 formam sempre três grupos distintos estando as medições da chapa de lote presentes no grupo de medições mais densos. Além disso, demonstra que a separação se deve à influência da temperatura de cabine e da humidade.

Importante frisar que não é possível determinar a tendência da cor das peças, uma vez que a maioria dos gráficos apresentam uma nuvem de medições que cobrem os quatro quadrantes dos eixos.

Além disso, verifica-se novamente uma baixa proporção de variância, sendo a figura A a que apresenta a proporção mais elevada com um valor de 60%.

4.2.2.2 Resultados análise do lote 2 entre a chapa de lote e as peças RSUV

As medições das peças *RSUV* foram realizadas por auditores de qualidade de pintura experientes, sendo estas nas zonas de harmonia das peças, ou seja, nos pontos *standard* de controlo (Secção 3). As medições de cor foram realizadas entre o dia 07 de fevereiro de 2022 até 21 de julho de 2022, tendo obtido 2429 medições na sua totalidade (5 chapa de lote + 2424 *RSUV*).

Como descrito na secção anterior, iniciou-se pela análise multivariada obtendo-se a figura 4.13.

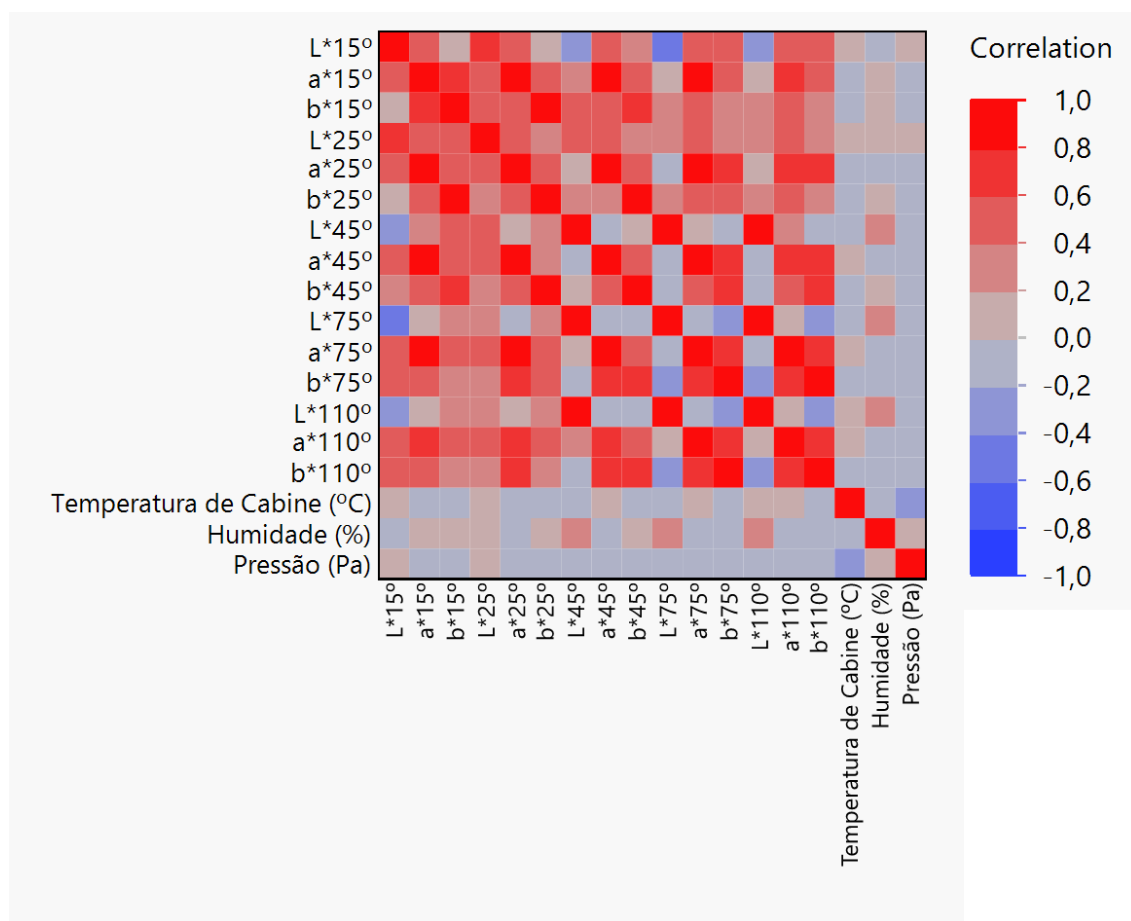


Figura 4.121 - Mapa de cor das correlações entre as coordenadas CIELab e os parâmetros de cabine da chapa de lote e peças *RSUV* do lote 2

Pela observação da figura 4.13, é possível averiguar a fraca correlação estatística entre as coordenadas do sistema *CIELab* com as condições de cabine da base, à exceção das correlações

entre a humidade de cabine e as coordenadas L^* nos ângulos de observação de 45, 75 e 110°, sendo estas correlações estatísticas positivas. Além disso, os parâmetros de cabine apresentam baixas correlações estatísticas entre eles próprios.

Tendo em consideração as correlações das coordenadas de cor, observa-se uma correlação entre as coordenadas a^* e b^* com a coordenada L^* cada vez mais negativa no percorrer dos ângulos de observação. Contudo, as correlações entre as coordenadas a^* e b^* são positivas em todos os ângulos de observação.

De seguida, realizou-se um *screepplot*, como descrito anteriormente para determinar o número de *PC's* necessários para este estudo, e o *PCA*.

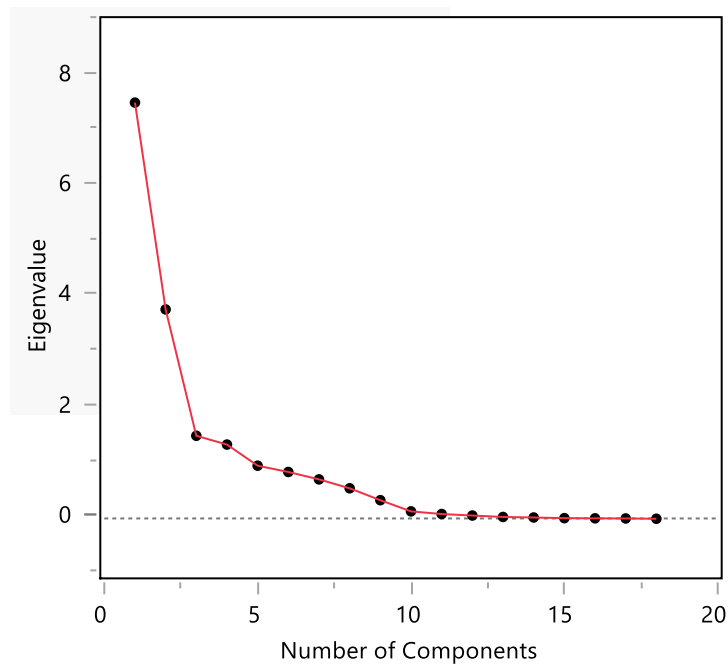


Figura 4.22 - Screeplot com os valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 2

Tabela 4.4 – Valores próprios da chapa de lote e das peças RSUV do lote 2

Número	Valores Próprios	Percentagem (%)	Percentagem Cumulativa (%)
1	7,5273	41,818	41,818
2	3,7887	21,048	62,867
3	1,5051	8,362	71,228
4	1,3464	7,480	78,708
5	0,9642	5,357	84,065
6	0,8507	4,726	88,791
7	0,7170	3,983	92,774
8	0,5561	3,089	95,864
9	0,3408	1,893	97,757
10	0,1387	0,771	98,528
11	0,0908	0,505	99,032
12	0,0634	0,352	99,385
13	0,0378	0,210	99,595
14	0,0281	0,156	99,751
15	0,0161	0,089	99,840
16	0,0131	0,073	99,913
17	0,0105	0,058	99,971
18	0,0052	0,029	100,000

Pela observação tanto da figura 4.14 como da tabela 4.4, afirma-se que existem 5 PC's significativos.

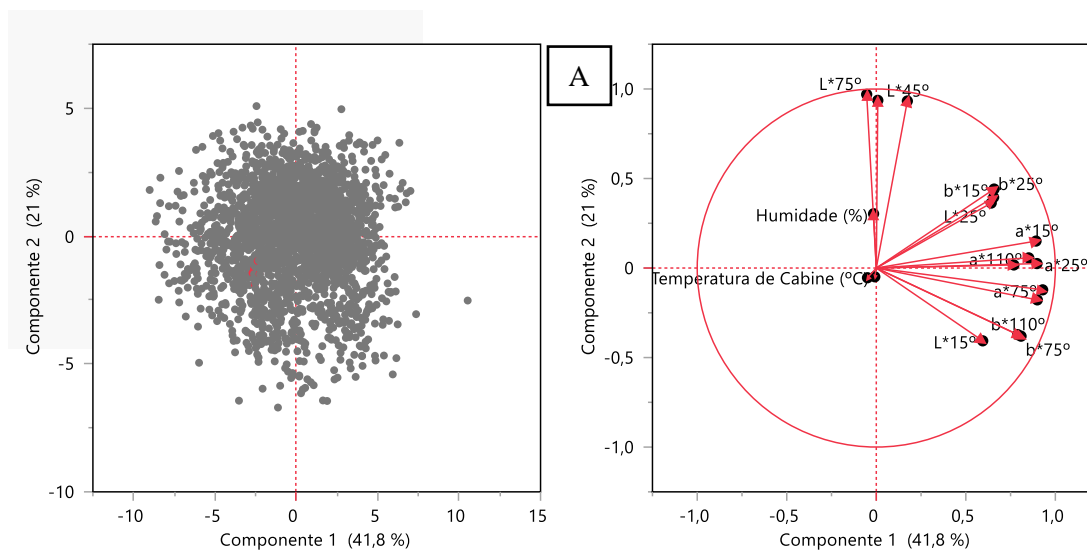


Figura 4.23 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

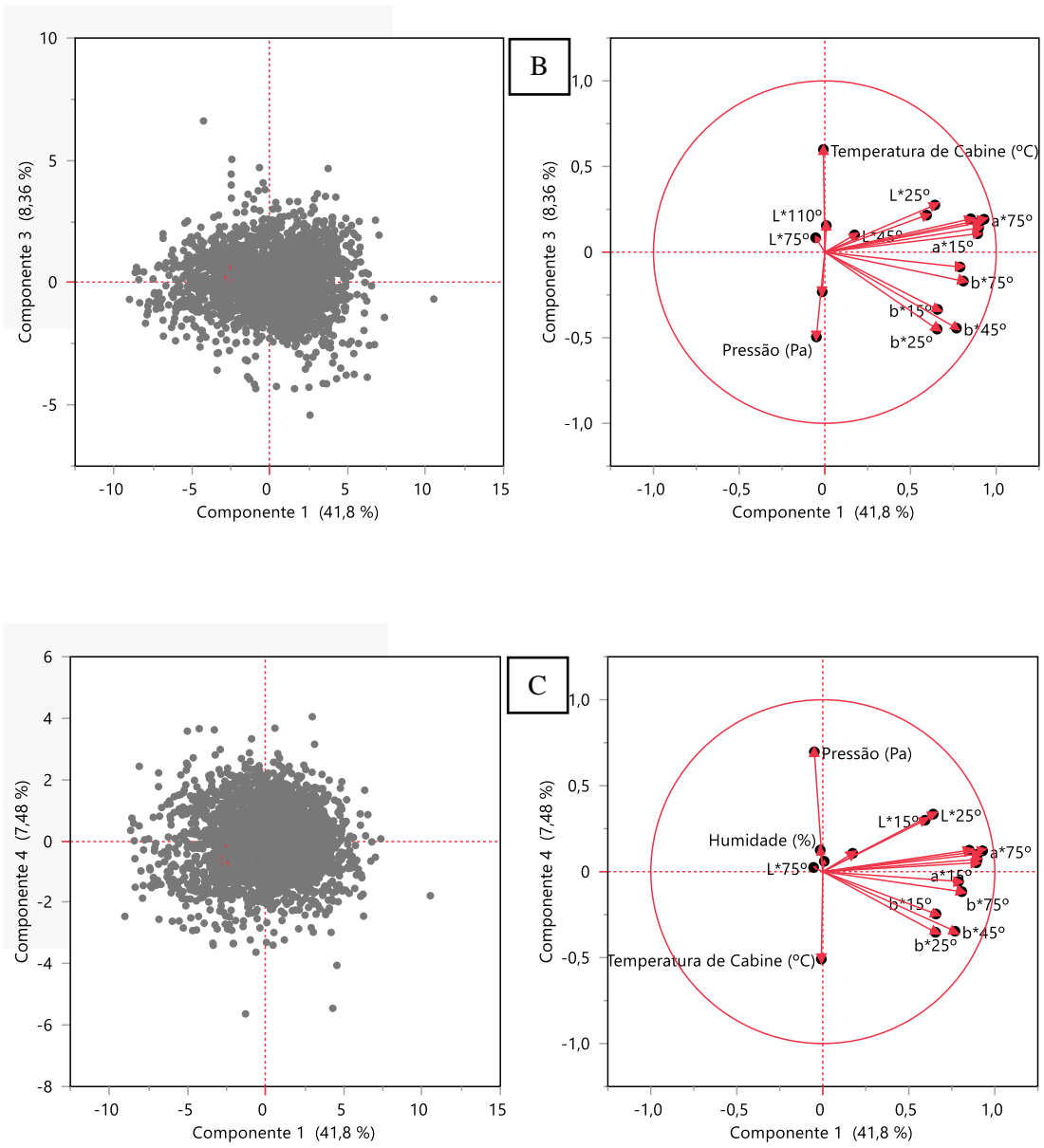


Figura 4.24 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

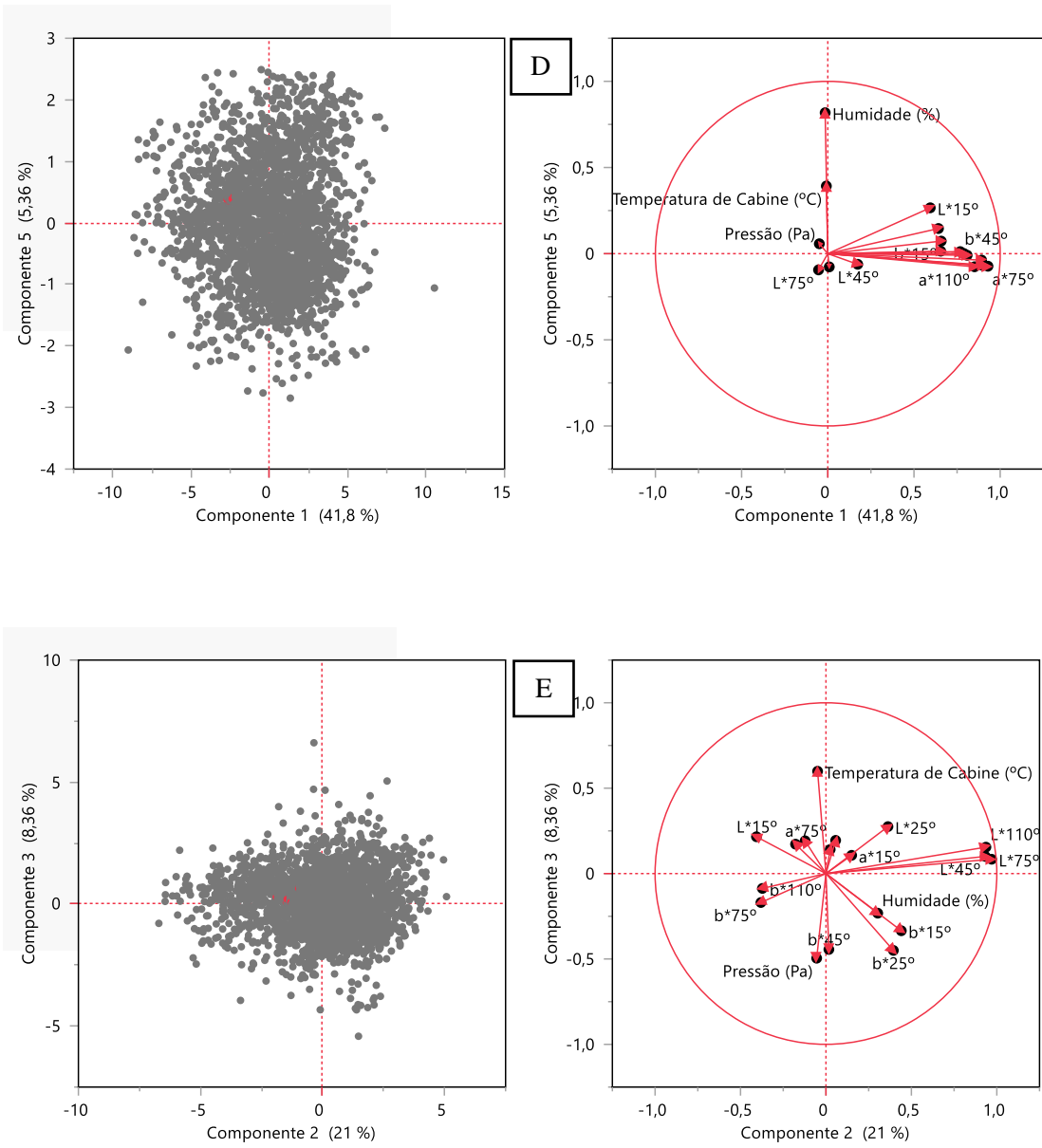


Figura 4.25 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

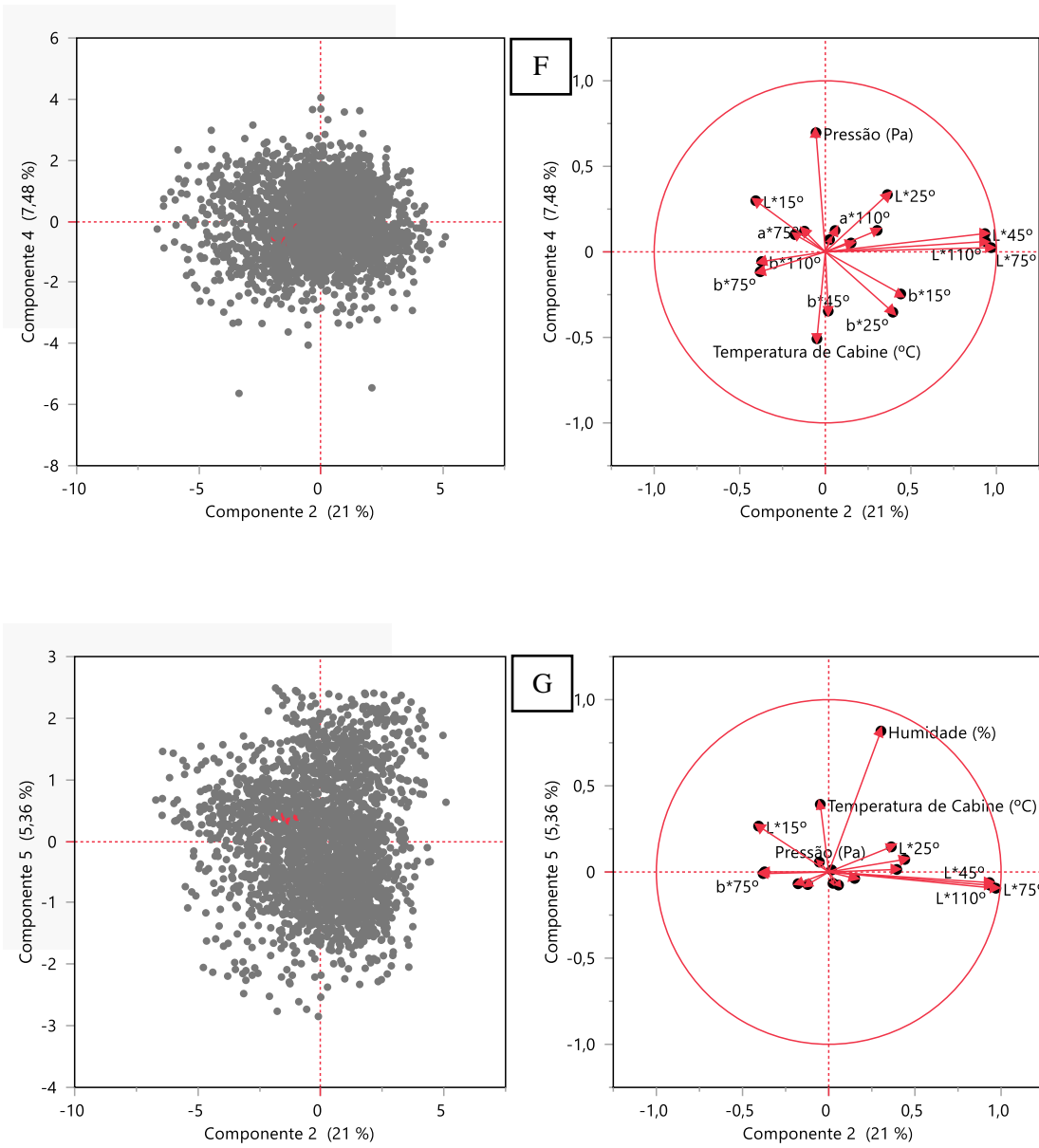


Figura 4.26 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

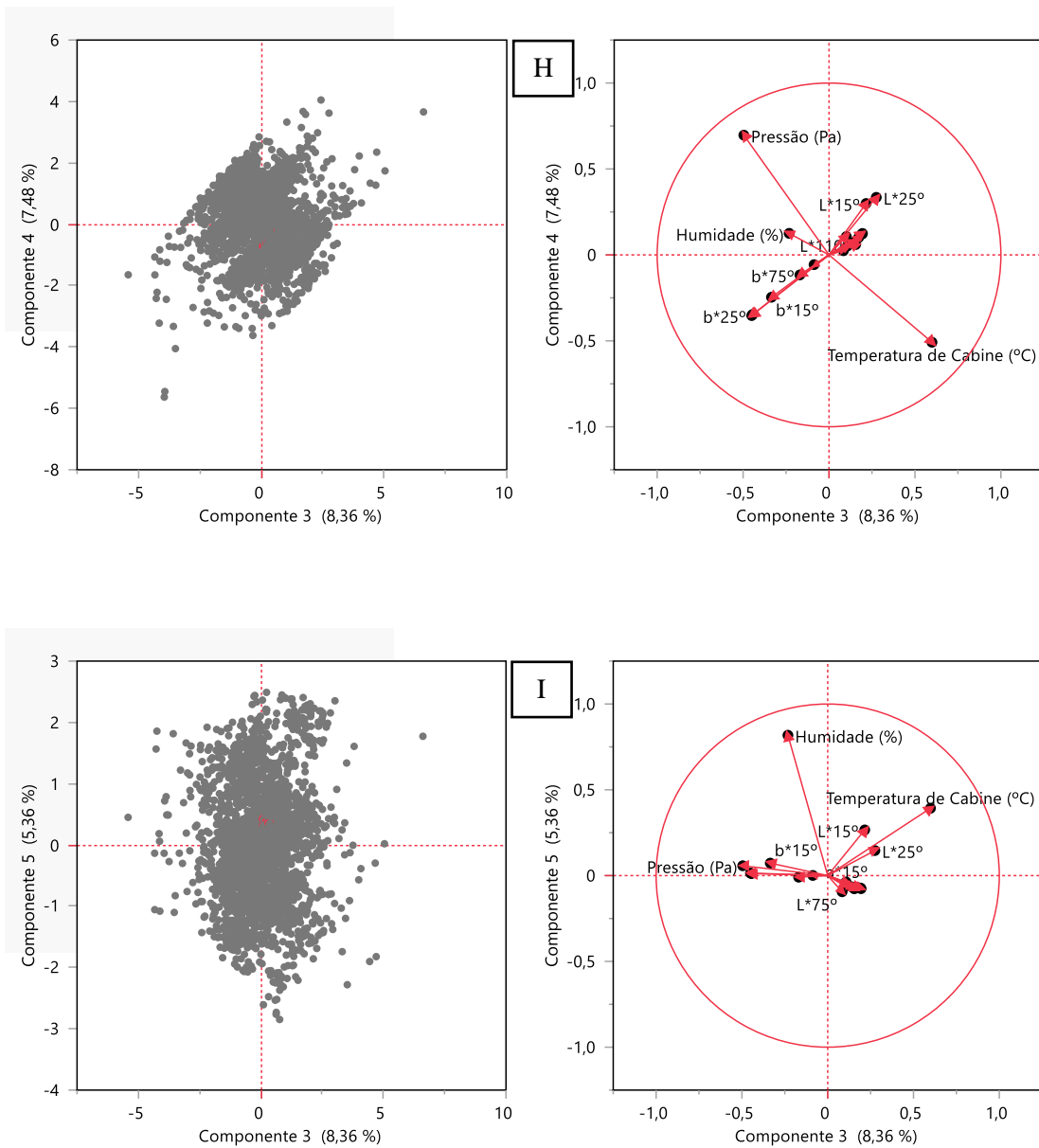


Figura 4.27 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

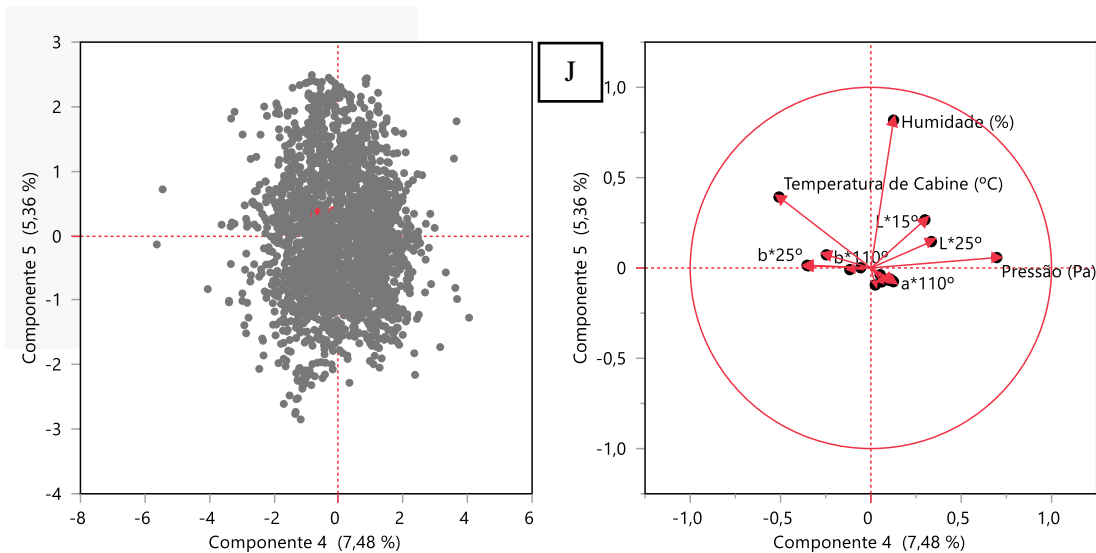


Figura 4.28 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's do lote 2 (os pontos a vermelho representam a chapa de lote e os pontos a cinzento representam as peças RSUV)

Pela análise das figuras 4.15, afirma-se que não existe nenhuma disparidade entre a cor da chapa de lote com a cor das peças RSUV, dando a entender que existe uma replicação da cor aquando da tinta do lote é aplicada nas peças muito fidedigna à cor proveniente na chapa de lote.

Além disso, verifica-se novamente uma baixa proporção de variância, sendo a figura A a que apresenta a proporção mais elevada com um valor de 62,8%.

4.2.3 Comparação das medições das peças de ambos os lotes

No entanto, estes resultados para serem conclusivos, é necessário verificar se as cores das peças obtidas dos lotes diferentes se são distintas entre estes lotes, uma vez que pelas medições das chapas de lote observa-se que estas apresentam valores diferentes.

4.2.3.1 Comparação das medições das peças FSUV de ambos os lotes

Esta comparação engloba 4732 medições na sua totalidade (552 do lote 1 + 4180 do lote 2).

Para tal, aplicou-se o *Screeplot* para determinar o número de PC's significativos e de seguida realizou-se uma análise PCA para determinar possíveis diferenças entre as peças.

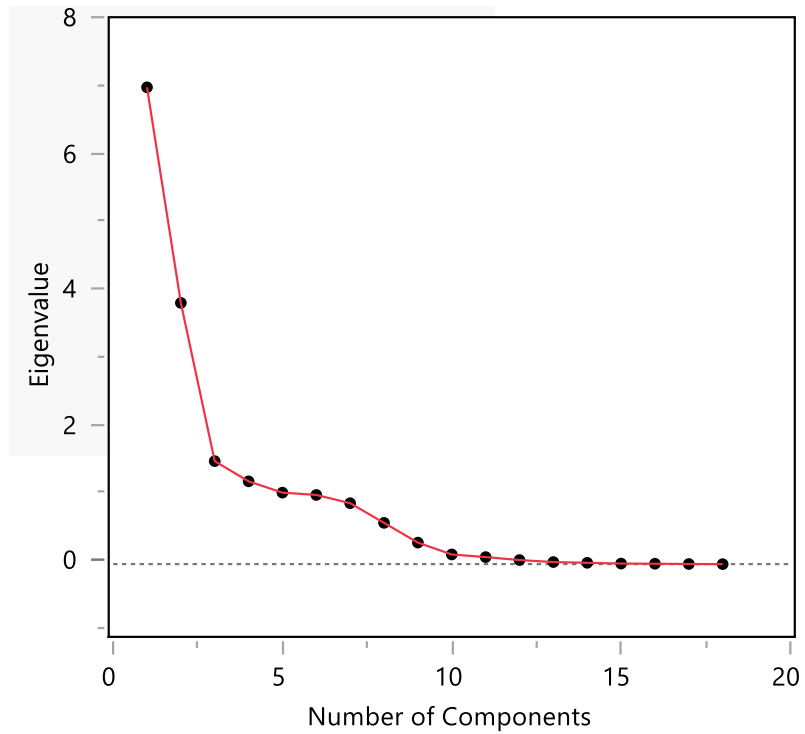


Figura 4.29 - Screeplot com os valores próprios das peças FSUV de ambos os lotes

Tabela 4.5 - Valores Próprios das peças FSUV de ambos os lotes

Número	Valores Próprios	Percentagem (%)	Percentagem Cumulativa (%)
1	7,0320	39,067	39,067
2	3,8554	21,419	60,486
3	1,5241	8,467	68,953
4	1,2268	6,815	75,768
5	1,0599	5,889	81,657
6	1,0259	5,700	87,356
7	0,9045	5,025	92,382
8	0,6149	3,416	95,798
9	0,3236	1,798	97,596
10	0,1492	0,829	98,425
11	0,1104	0,613	99,038
12	0,0668	0,371	99,409
13	0,0374	0,208	99,617
14	0,0261	0,145	99,762
15	0,0150	0,083	99,845
16	0,0127	0,071	99,916
17	0,0086	0,048	99,964
18	0,0065	0,036	100,000

Pela observação tanto da figura 4.16 como da tabela 4.5, averigua-se que existem 5 PC's significativos.

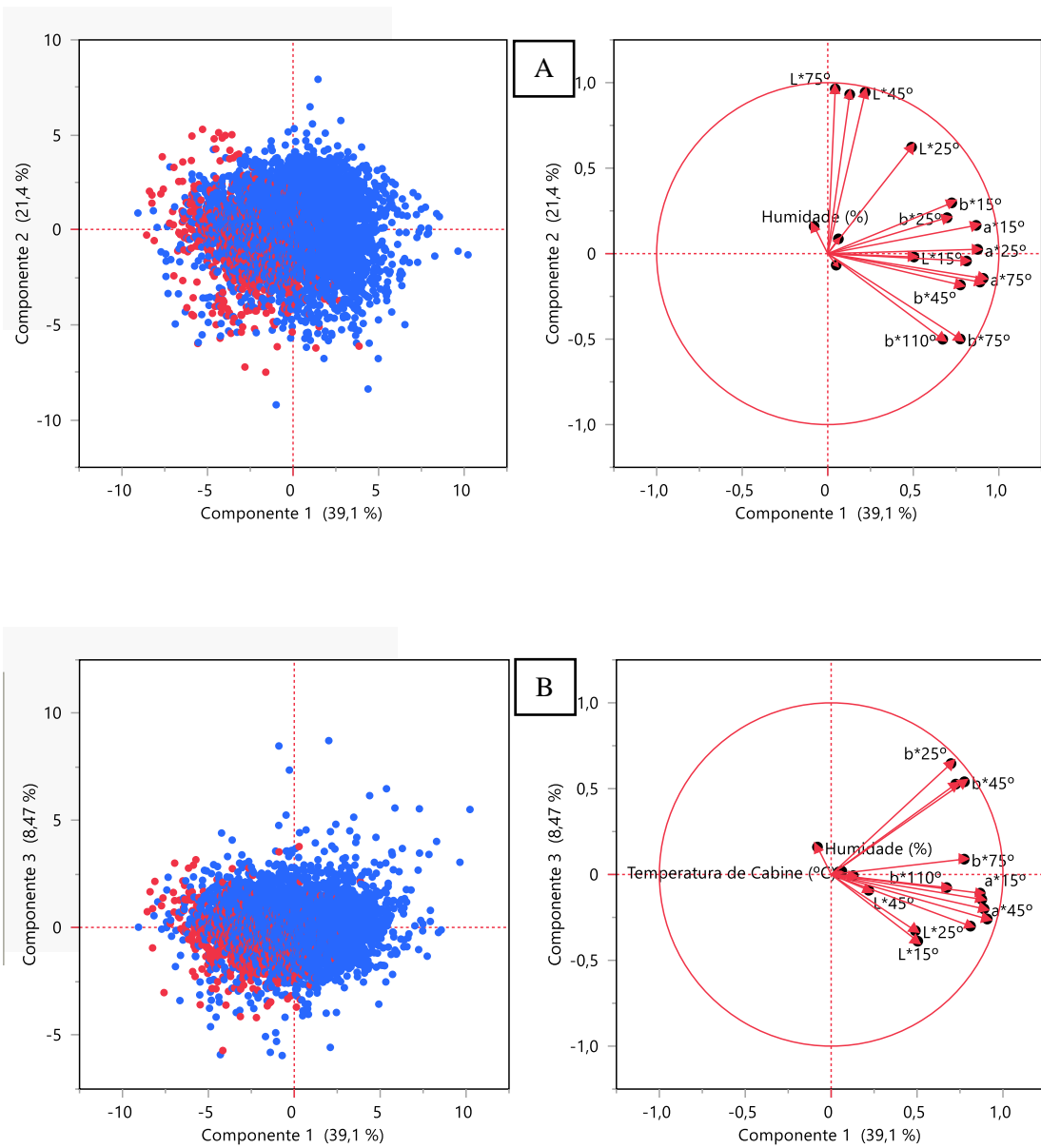


Figura 4.30 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

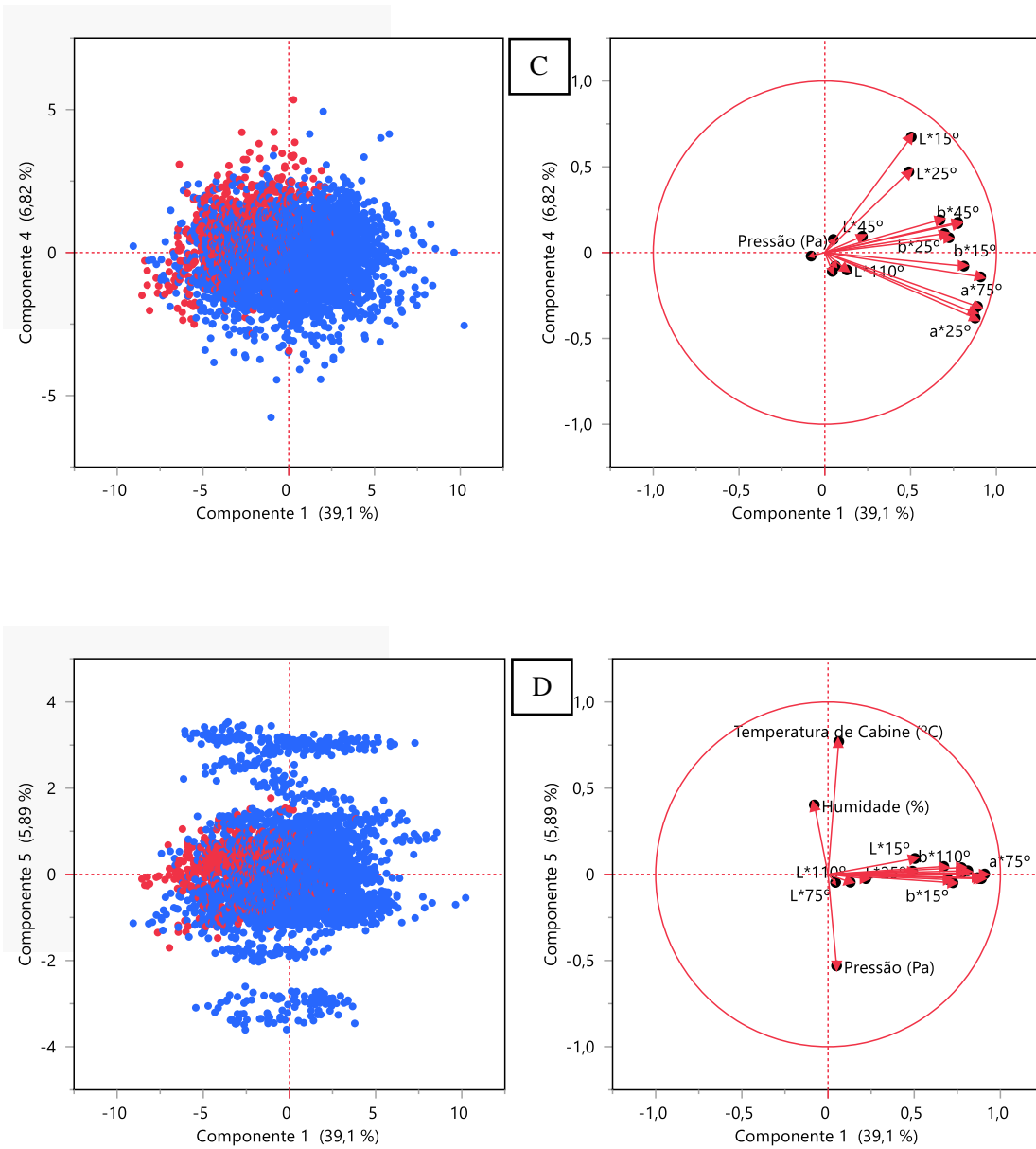


Figura 4.31 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

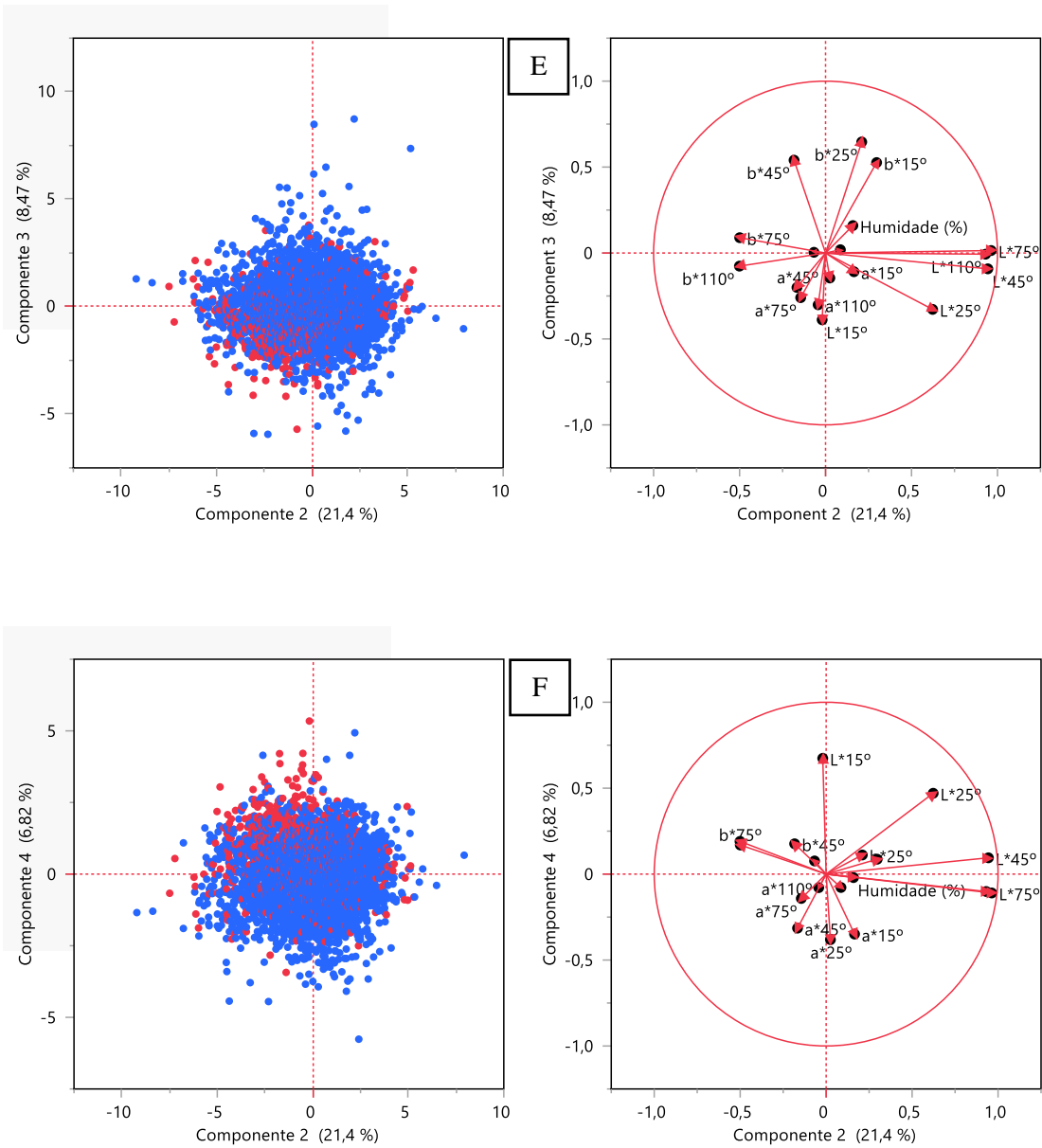


Figura 4.32 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

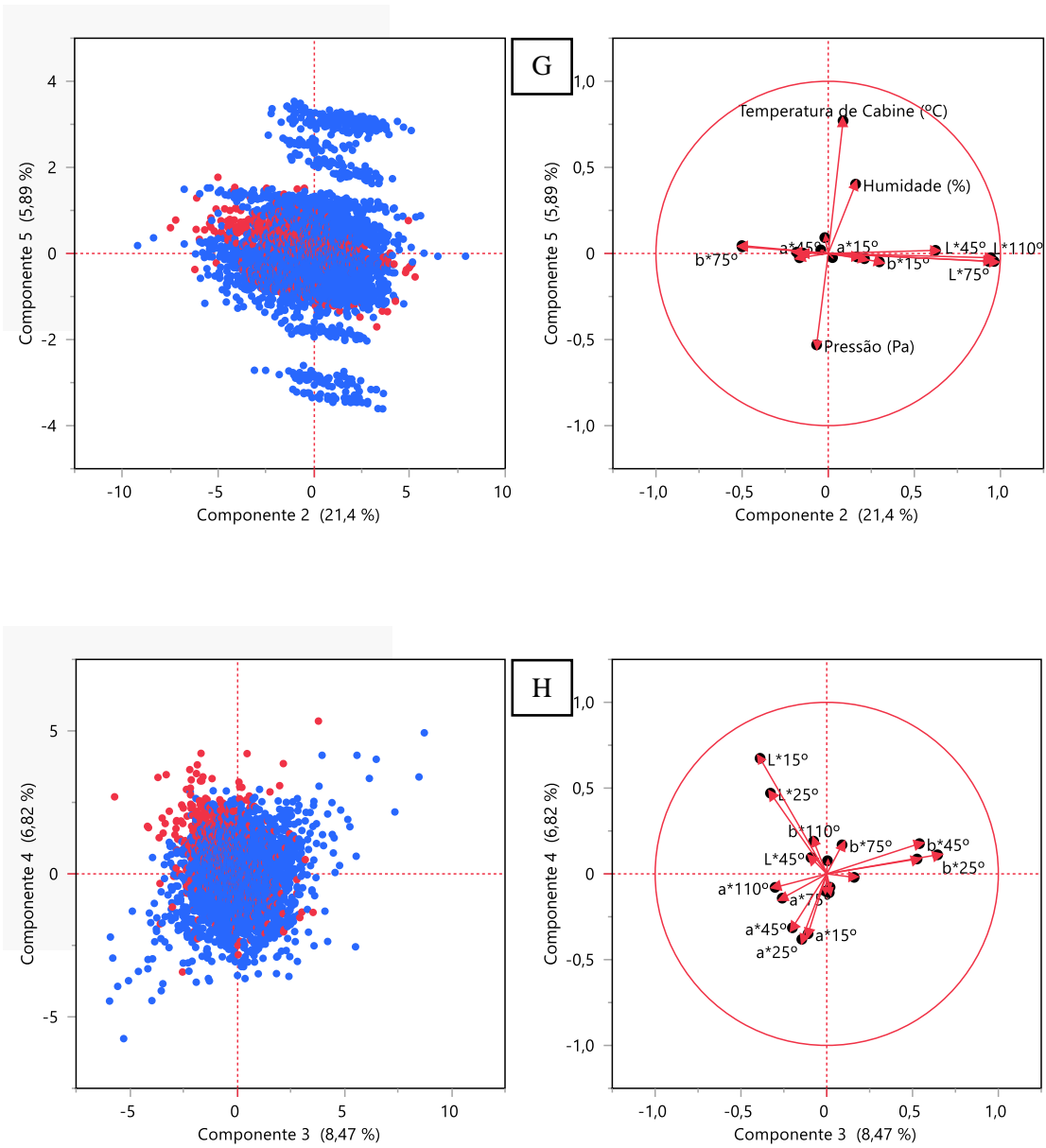


Figura 4.33 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

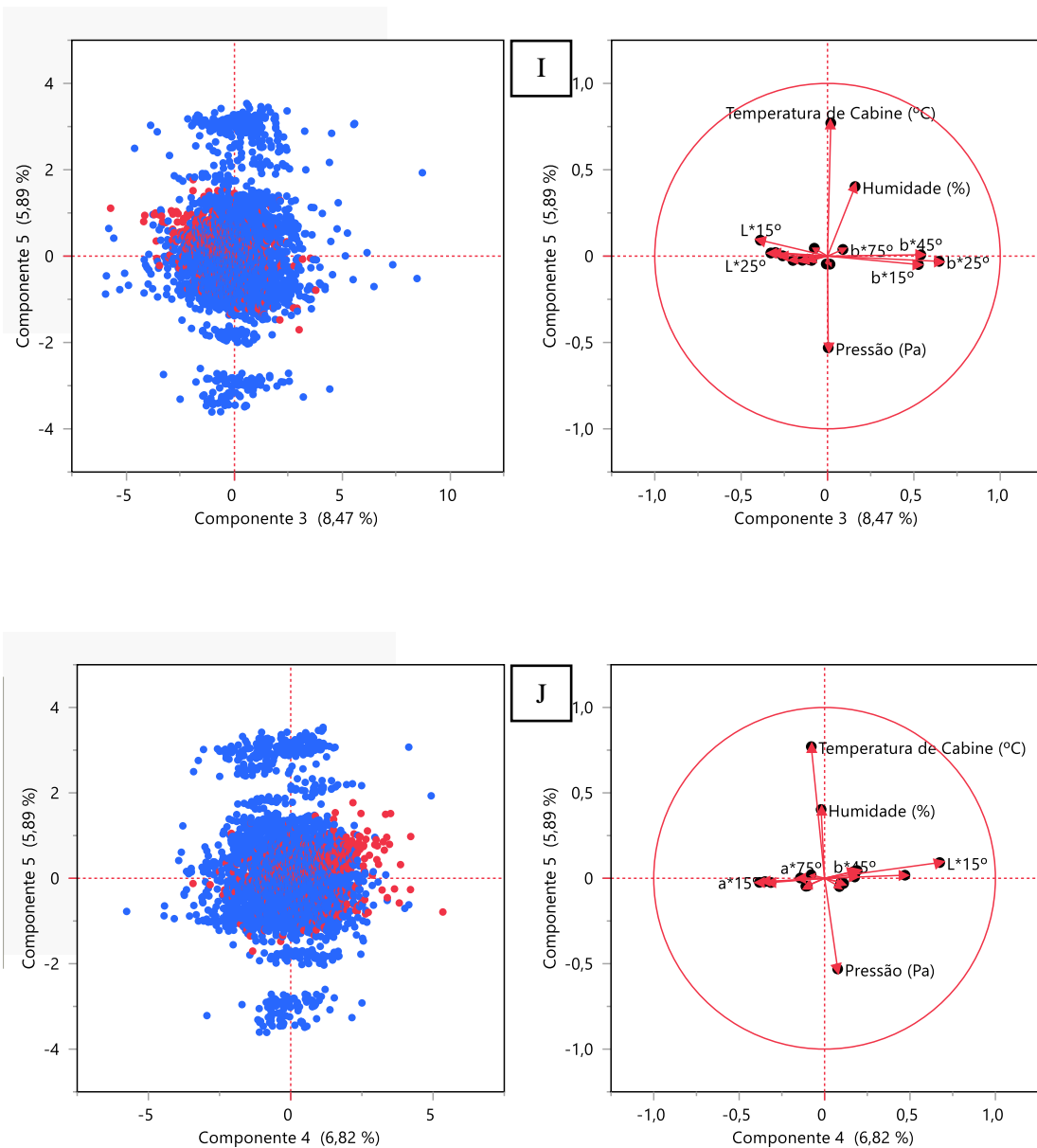


Figura 4.34 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - FSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

Pela observação das figuras 4.17, verifica-se que as medições de cor das peças FSUV dos dois lotes se sobrepõem, ou seja, ambas apresentam a mesma tendência de cor e que são similares.

Além disso, verifica-se novamente uma baixa proporção de variância, sendo a figura A a que apresenta a proporção mais elevada com um valor de 60,5%.

4.2.3.2 Comparação das medições das peças RSUV de ambos os lotes

Esta comparação engloba 2938 medições na sua totalidade (514 do lote 1 + 2424 do lote 2).

Para tal, aplicou-se o *Screeplot* para determinar o número de *PC's* significativos e de seguida realizou-se uma análise *PCA* para determinar possíveis diferenças entre as peças.

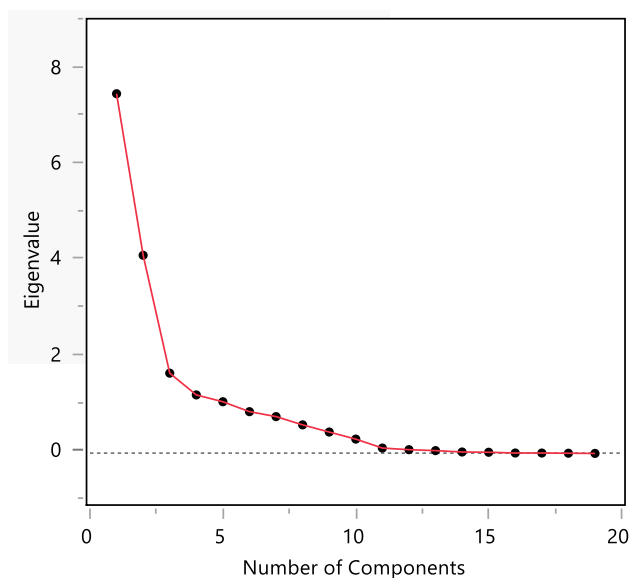


Figura 4.35 - Screeplot com os valores próprios das peças RSUV de ambos os lotes

Tabela 4.6 - Valores próprios das peças RSUV de ambos os lotes

Número	Valores Próprios	Percentagem (%)	Percentagem Cumulativa (%)
1	7,5070	39,511	39,511
2	4,1375	21,776	61,287
3	1,6787	8,835	70,122
4	1,2248	6,446	76,568
5	1,0825	5,697	82,266
6	0,8758	4,609	86,875
7	0,7729	4,068	90,943
8	0,6003	3,159	94,102
9	0,4510	2,373	96,476
10	0,3033	1,596	98,072
11	0,1167	0,614	98,686
12	0,0827	0,435	99,122
13	0,0631	0,332	99,454
14	0,0344	0,181	99,635
15	0,0291	0,153	99,788
16	0,0135	0,071	99,859
17	0,0128	0,067	99,926
18	0,0090	0,047	99,973
19	0,0051	0,027	100,000

Pela observação tanto da figura 4.18 como da tabela 4.6, averigua-se que existem 5 PC's significativos.

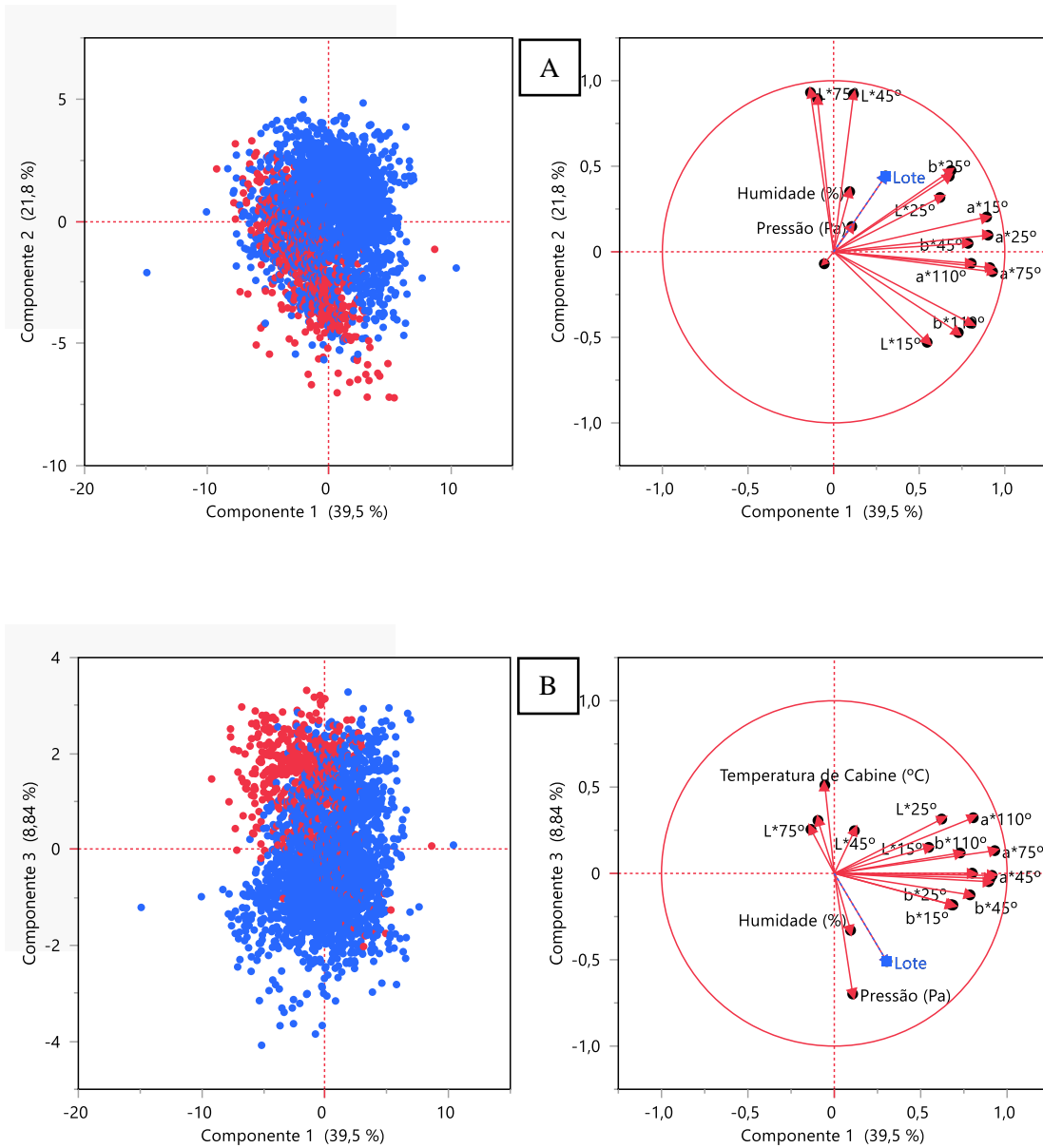


Figura 4.36 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

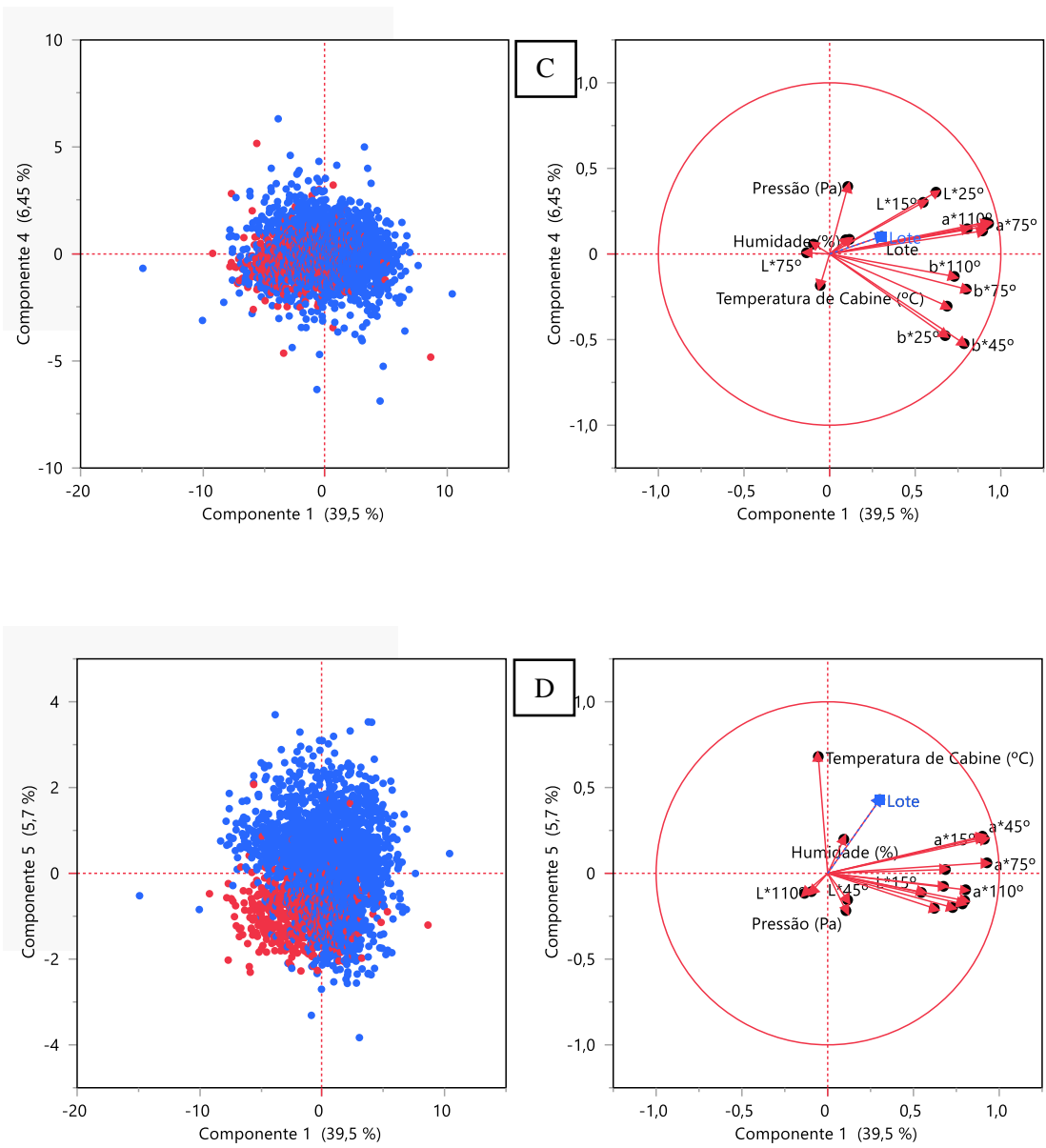


Figura 4.37 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

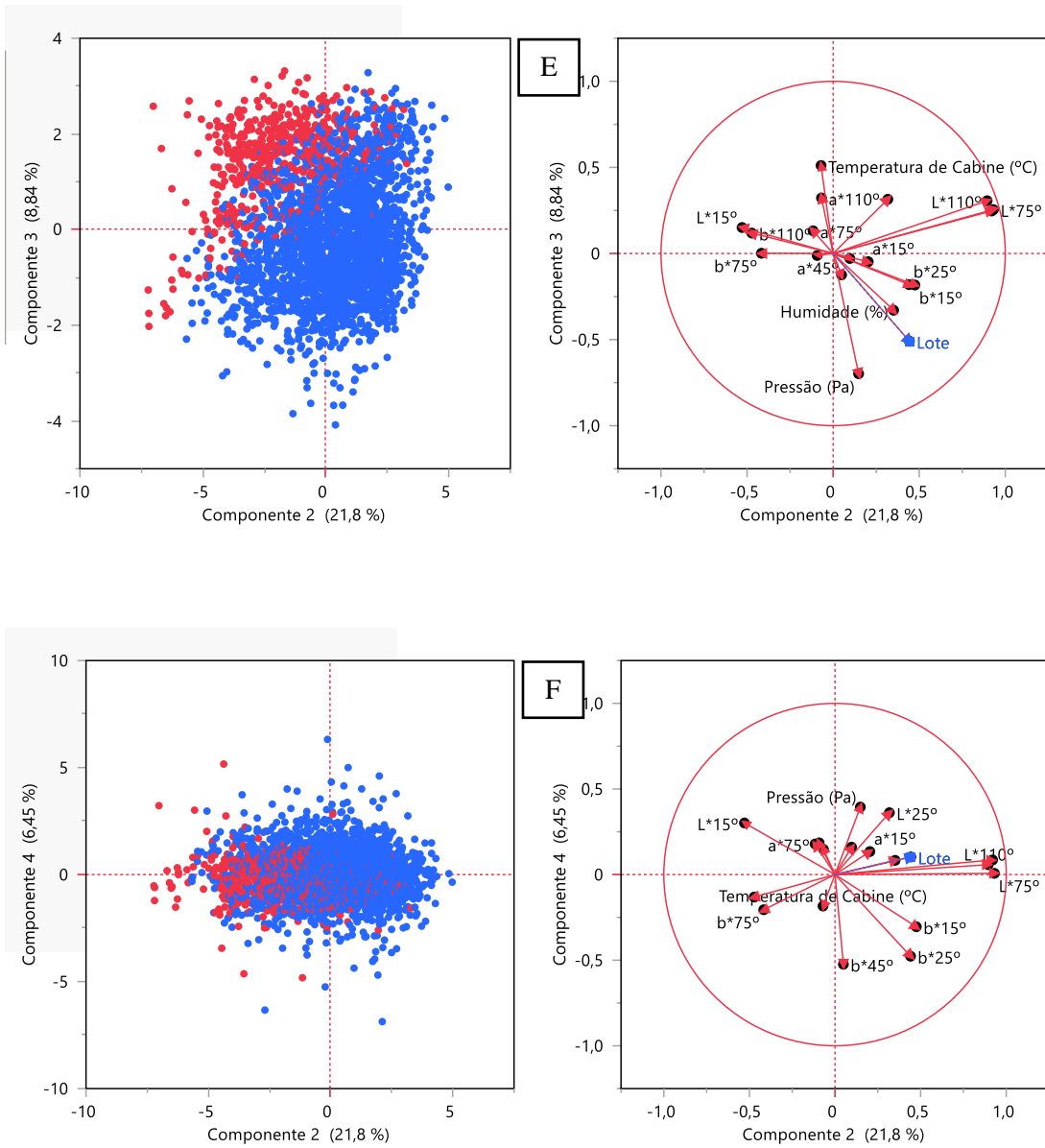


Figura 4.38 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

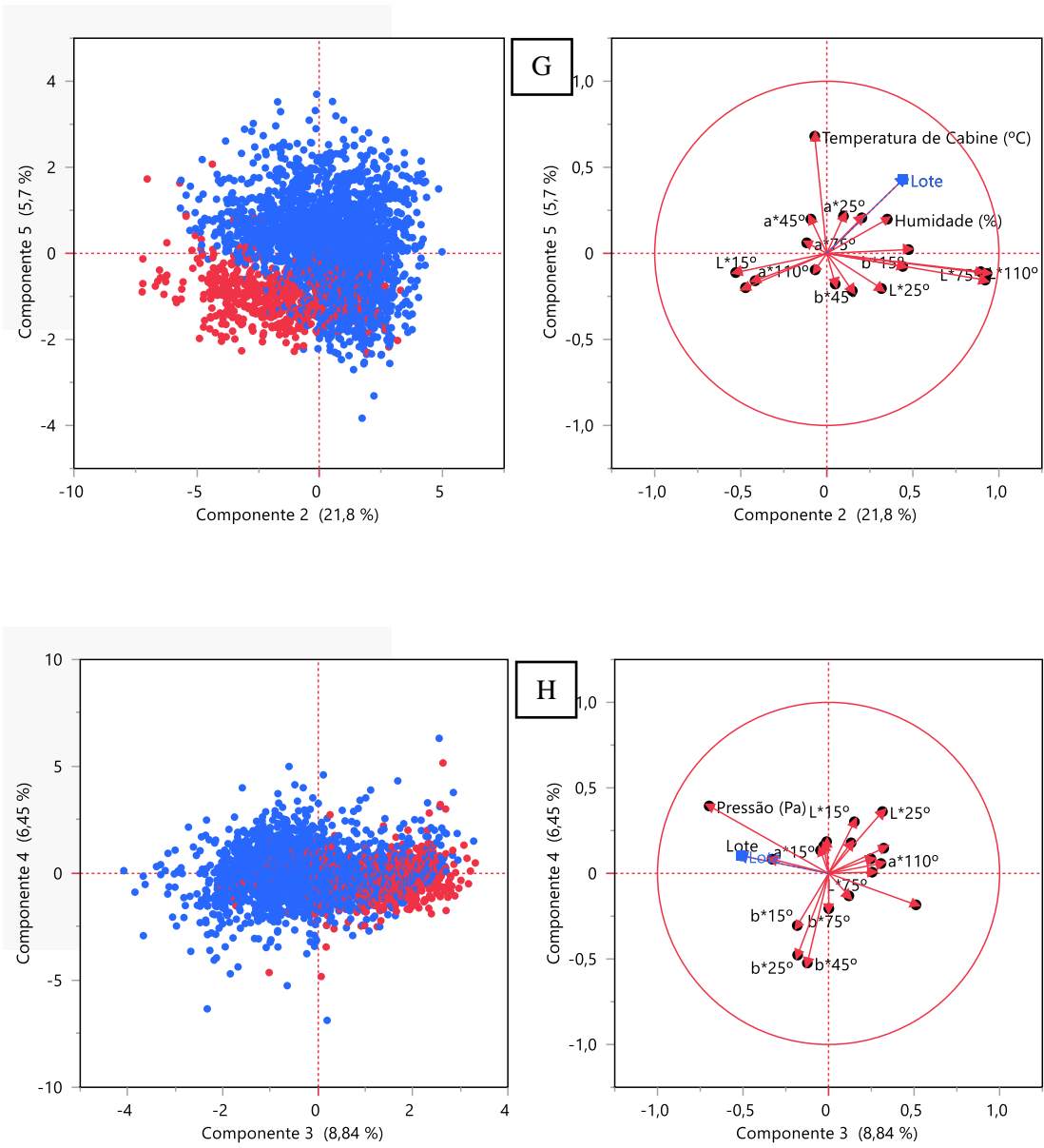


Figura 4.39 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

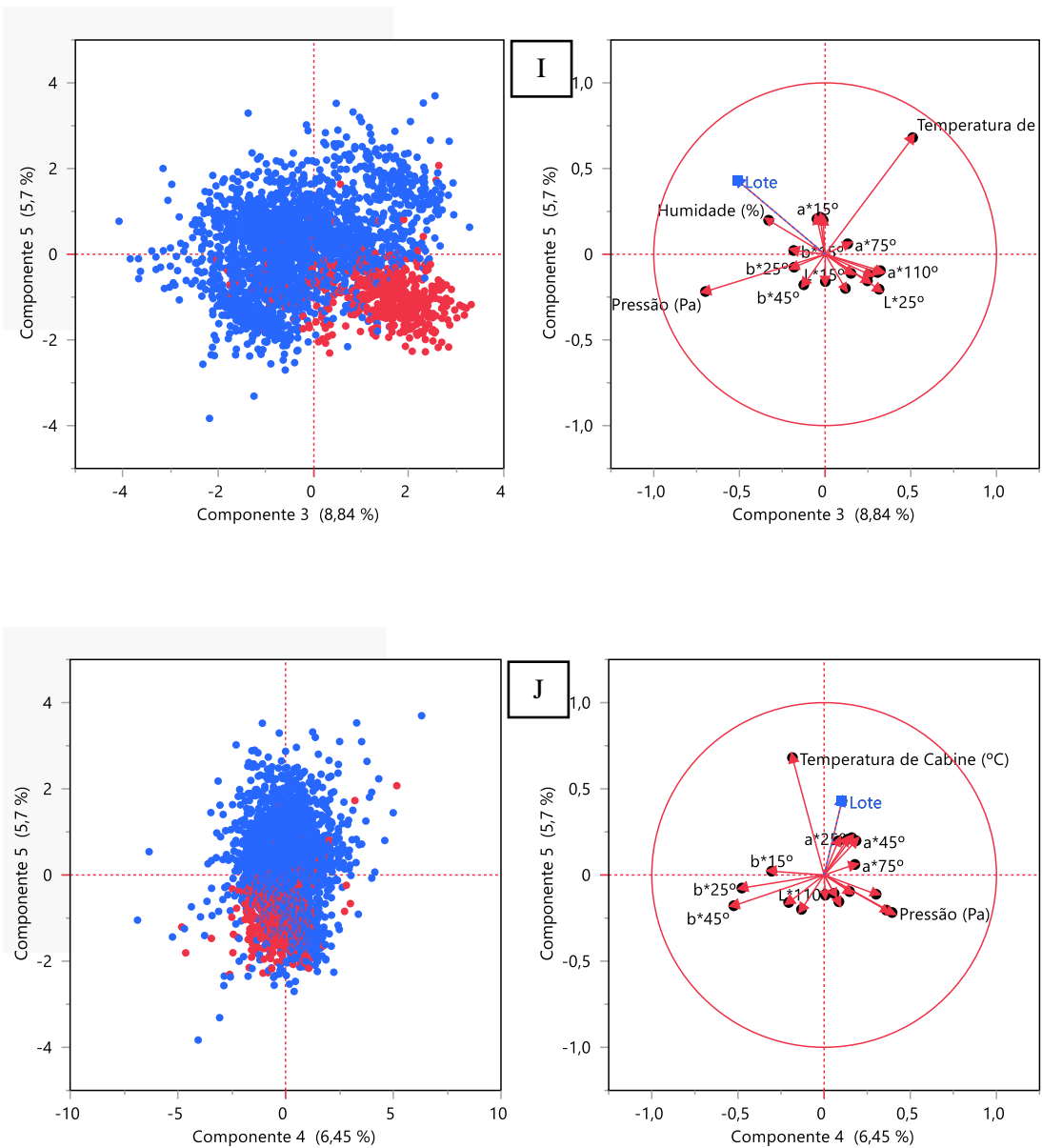


Figura 4.40 - PCA e Loading Plot dos cinco PC's de ambos os lotes - RSUV (os pontos a vermelho representam o lote 2 e os pontos a azul representam o lote 1)

Pela observação das figuras 4.19, verifica-se que as medições de cor das peças FSUV dos dois lotes se sobrepõem, ou seja, ambas apresentam a mesma tendência de cor e que são similares.

Além disso, verifica-se novamente uma baixa proporção de variância, sendo a figura A a que apresenta a proporção mais elevada com um valor de 61,3%.

5 Conclusões e proposta de trabalho futuro

Na indústria automóvel, um veículo é pintado em diferentes instalações fabris/ empresas, isto é, os para-choques são pintados numa instalação, enquanto a carroçaria é pintada noutra. Além disso, cada instalação fabril tem o seu fornecedor de tinta diferente, sendo necessário um controlo rígido na cor obtida nas diferentes peças, pois o objetivo é que o veículo apresente uma cor uniforme entre as diferentes partes.

Para a obtenção da uniformização da cor, o cliente desenvolve uma chapa com a cor pretendida no veículo e distribuí-a para as diferentes fábricas que pintam as peças do veículo. Essa chapa denomina-se de chapa de padrão.

Os fornecedores de tinta têm de desenvolver uma tinta que replique a cor da chapa de padrão, quando esta for aplicada pela instalação fabril. Portanto, tem de existir um controlo em relação à cor do lote proveniente dos fornecedores de tinta.

Para este controlo, os fornecedores aplicam a tinta do lote numa chapa para ser possível a realização da medição de cor deste novo lote pela instalação fabril que pinta as peças. Esta chapa denomina-se de chapa de lote.

Os auditores de qualidade da instalação fabril com os espectrofotómetros de multi-ângulo realizam a medição de cor da chapa de lote, sendo a cor desta comparada com a cor da chapa de padrão. Se a cor da chapa de lote estiver conforme, o lote de tinta entra para a produção. Caso contrário, o lote de tinta necessitará de ajustes de cor, sendo necessário a remedição da cor da chapa de lote pintada com este ajuste.

No entanto, na indústria automóvel, observa-se situações em que a cor da chapa de lote não está de acordo com a cor da chapa de padrão, mas as cores das peças pintadas com esse lote estão de acordo com a cor da chapa de padrão, sem ter aplicado ajustes de cor no lote de tinta.

Tendo em consideração esta particularidade, realizou-se um estudo para prever qual a tendência da cor entre a chapa de lote e a cor das peças pintadas nas instalações fabris.

Este trabalho teve como objetivos identificar a cor pior caso e qual a tendência da cor entre a chapa de lote com a cor das peças pintadas por este lote.

Na identificação da cor pior caso, analisou-se 9 cores pintadas nas instalações fabris da empresa, tendo contabilizado 18504 medições de cor dos para-choques frontais (*FSUV*) e traseiros (*RSUV*). Pela realização do diagrama de Pareto, verificou-se que a cor 6 é a cor que apresenta maiores dificuldades de replicação dos requisitos definidos pelo cliente com uma taxa de *NOK* de 28,26%.

Para a análise da tendência da cor, realizou-se medições de cor a chapas de lotes de dois lotes diferentes: um lote não-conforme de cor (lote 1) e um lote conforme de cor (lote 2). Além disso, realizou-se medições de cor aos para-choques frontais e traseiros desses dois lotes.

De seguida, fez-se uma análise de correlações entre as coordenadas de cor *CIELab* e os parâmetros de cabine da base, sendo estes a temperatura, pressão e humidade. Para esta análise, contabilizou-se 1071 medições de cor para o lote 1 e 6614 medições de cor para o lote 2.

Pela análise de correlações, verificou-se que as correlações entre os parâmetros de cabine e as coordenadas *CIELab* são fracas estatisticamente, uma vez que as condições de cabine apresentam uma variância pouco significativa.

Relativamente às coordenadas de cor *CIELab*, verificou-se que as correlações são idênticas independentemente da peça pintada ou do lote utilizado, o que é benéfico para a realização de ajustes de cor quando necessário, uma vez que o comportamento da cor será igual independentemente da peça pintada.

Por fim, realizou-se um *Principal Component Analysis (PCA)* com o objetivo de identificar uma tendência entre a cor da chapa de lote com a cor das peças pintadas pelo mesmo lote.

Pelo *PCA*, verificou-se que existem diferenças estatísticas entre as medições de cor entre os para-choques *FSUV* e *RSUV*, uma vez que houve uma distinção estatística entre as medições de cor da chapa de lote 1 com as medições de cor das peças *RSUV*, enquanto na comparação entre as medições de cor da chapa de lote com as medições de cor das peças *FSUV* não se verificou essa distinção estatística.

Além disso, verificou-se que existe semelhança estatísticas entre os para-choques de lotes diferentes, uma vez que se observou uma sobreposição de valores na comparação das medições de cor dos para-choques *FSUV* e *RSUV* de ambos os lotes.

Com isto, este estudo demonstrou que não é possível prever a cor das peças só com a medição de cor da chapa de lote. Quando se realiza um avanço de lote, é crucial realizar a medição de cor das primeiras peças que são pintadas com o novo lote, como tal, é realizado na indústria da pintura automóvel.

Tendo em conta o estudo realizado nesta dissertação, seria interessante num trabalho futuro identificar e caracterizar fatores que influenciam a reprodutibilidade da cor.

Nas instalações fabris da empresa, observa-se que o mesmo skid de peças pintado nas mesmas condições de processo apresentam medições de cor diferentes. Sendo assim, neste estudo, seriam consideradas, pelo menos, três cores: uma cor branca, preta e uma cor cromática. A seleção

da cor cromática deve-se basear na quantidade de peças que são pintadas com essa cor, de modo a facilitar a obtenção de medições necessárias para a realização de análises significativas.

De seguida, deve-se definir um skid para cada uma das cores e realizar as medições de cor das peças. Além disso, deve-se fazer um registo detalhado de todas as condições de processo durante todo o processo de pintura do skid.

Por fim, realizar uma análise causa raiz com o objetivo de identificar as causas que influenciam a reprodutibilidade da cor.

Referências bibliográficas

- [1] Sappi, “Defining and Communicating Color : The CIELAB System,” *Sappi Fine Pap. North Am.*, pp. 1–8, 2013.
- [2] X-rite PANTONE, “Understanding Color,” *Printwear*, vol. 18, no. 8, pp. 32–36, 2018.
- [3] “Tutorials – Color Perception,” *Cambridge in Colour*. <https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/color-perception.htm> (accessed Aug. 03, 2022).
- [4] Billmeyer and Saltzmanns, *Billmeyer and Saltzmanns principles of color technology*, 4th ed. Wiley, 2019.
- [5] Doctor Sammy Robel, “Diferença entre hastes e cones,” *Differbetween*. https://pt.differbetween.com/article/difference_between_rods_and_cones (accessed Aug. 03, 2022).
- [6] Jacob Olesen, “What Are Chromatic and Achromatic Colors? - Color Meanings,” *Color Meanings*. <https://www.color-meanings.com/chromatic-achromatic-colors/> (accessed Aug. 05, 2022).
- [7] John Spacey, “Chromatic vs Achromatic,” *Simplifiable*, 2015. <https://simplifiable.com/new/chroma> (accessed Aug. 05, 2022).
- [8] Pupa Gilbert and Willy Haeberli, “Experiments on subtractive color mixing with a spectrophotometer,” *Am. J. Phys.*, vol. 75, no. 4, pp. 313–319, 2007, doi: 10.1119/1.2431654.
- [9] Dorukalp Durmus and Wendy Davis, “Appearance of achromatic colors under optimized light source spectrum,” *IEEE Photonics J.*, vol. 10, no. 6, pp. 1–11, 2018, doi: 10.1109/JPHOT.2018.2881698.
- [10] Semiha Yilmazer and Sibel Ertez Ural, “The effects of achromatic and chromatic color schemes on participants’ task performance in and appraisals of an office environment,” *Color Res. Appl.*, vol. 37, no. 5, pp. 359–366, 2012, doi: 10.1002/col.20697.
- [11] Arne Valberg and Thorstein Seim, “Neural mechanisms of chromatic and achromatic vision,” *Color Res. Appl.*, vol. 33, no. 6, pp. 433–443, 2008, doi: 10.1002/col.20445.
- [12] Adriana Fiorentini and Concetta Morrone, “Temporal Characteristics of Colour Vision: VEP and Psychophysical Measurements,” *From Pigment. to Percept.*, pp. 139–149, 1991, doi: 10.1007/978-1-4615-3718-2_16.
- [13] János Schanda, *Colorimetry Understanding the CIE System*. Wiley, 2007.
- [14] Artur Goldschmidt and Joachim Streitberger, *Basics of Coating Technology*, 2nd ed. BASF Coatings, 2007.
- [15] Krishna Prasad and Kamala Sastri, “Basic aspects and applications of tristimulus

- colorimetry,” *Talanta*, vol. 43, no. 8, pp. 1187–1206, 1996, doi: 10.1016/0039-9140(96)01871-1.
- [16] Asim Choudhury, *Colour measurement instruments*. Woodhead Publishing Limited, 2014. doi: 10.1533/9780857099242.221.
- [17] BYK, “BYK-mac i MetallicColor Multiangle Spectrophotometer,” *ALTANA*. <https://www.byk-instruments.com/en/Color-Control/BYK-mac-i-MetallicColor-Multiangle-Spectrophotometer/c/2338> (accessed Sep. 26, 2022).
- [18] Reinhard Schubert, *Basic Knowledge about Colorimetry*, 2nd ed. BASF Coatings, 2005.
- [19] HUNT, *Colour Measurement*, vol. 2, no. 1. Woodhead Publishing, 1971. doi: 10.1111/j.1478-4408.1971.tb00175.x.
- [20] BYK-Gardner, “BYK-mac i BYK-mac i COLOR.” *ALTANA*, pp. 1–61, 2013 - Manual de instruções do aparelho *BYK-mac*.
- [21] Omar Gómez and Esther Perales, “Visual and instrumental assessments of color differences in automotive coatings,” *Color Res. Appl.*, vol. 41, no. 4, pp. 384–391, 2016, doi: 10.1002/col.21964.
- [22] Lambourne and Strivens, *Paint and surface coatings: theory and practice*, 2nd ed., vol. 37, no. 07. William Andrew Publishing, 2000. doi: 10.5860/choice.37-3917.
- [23] William Beach, *Coatings Technology Handbook*, 3rd ed. Taylor & Francis, 2006. doi: 10.1201/9781420044058.ch17.
- [24] Doulia, Rokotas, and Georgopoulou, “Production of alkyd resins and their paints: Effect of catalyst on their properties,” *Surf. Coatings Int. Part B Coatings Trans.*, vol. 89, no. 3, pp. 215–219, 2006, doi: 10.1007/BF02699663.
- [25] Gupta and Shukla, “Water Soluble Epoxy Resins For Cathodic Electrodeposition Coatings,” *Pigment Resin Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 4–7, 1992, doi: 10.1108/eb042913.
- [26] Maitz, *Surface modification of Ti-Ni alloys for biomedical applications*. Woodhead Publishing Limited, 2008. doi: 10.1533/9781845695248.1.173.
- [27] Jan Gooch, *Analysis and Deformulation of Polymeric Materials*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [28] Aaron Roberts, “Organic Coatings: Properties, Selection and Use,” *Inst. Appl. Technol.*, pp. 1–175, 1968.
- [29] Rodger Talbert, *Paint Technology Handbook*. Taylor & Francis, 2013.
- [30] Hansa Yellow, “Definition : Pigments – Dyes,” in *Industrial Organic Pigments*, 3rd ed., Willy Herbst, Ed. Wiley, 2004, pp. 1–181.
- [31] “Dyes, Paints and Pigments,” *Natl. Inst. Open Sch.*, pp. 103–118, [Online]. Available: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/polymers/10D.pdf>
- [32] Suzanne MCGowan, “Pigment Studies,” *ResearchGate*, no. January 2013, pp. 2062–2074, 2007, doi: 10.1016/b0-444-52747-8/00247-7.

- [33] Temple Patton and Philip Woerner, *Pigment Handbook*, vol. I. Wiley.
- [34] Georg Klein, *Optical Sciences*. Springer, 2009. doi: 10.1007/978-1-4419-1197-1.
- [35] Bentley and Turner, *Introduction to Paint Chemistry and principles of paint technology*, 4th ed. Springer, 2014. doi: 10.1007/978-1-4899-3180-1.
- [36] Erik Gregersen, “polypropylene,” *Britannica*. <https://www.britannica.com/science/polypropylene> (accessed Sep. 25, 2022).
- [37] Hisham Maddah, “Polypropylene as a Promising Plastic: A Review,” *Am. J. Polym. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2016, doi: 10.5923/j.ajps.20160601.01.
- [38] Remichem, “Polypropylene (PP),” *Nelgeron*. <http://remichem.com/polypropylene-pp/> (accessed Sep. 25, 2022).
- [39] Heinrich Wonnemann, *Automotive Paints and Coatings*, 2nd ed. Wiley, 2008.
- [40] Eric Ziegel, *The Quality Toolbox*, 2nd ed., vol. 37, no. 4. American Society for Quality, 1995. doi: 10.2307/1269755.
- [41] BASF, “ColorCARE ® SeeRIGHT,” *BASF - Manual de instruções do software ColorCARE*.
- [42] JMP Statistical Discovery, “Statistical Software,” 2022. https://www.jmp.com/content/jmp/en_us/home.html/ (accessed Sep. 25, 2022).
- [43] Harold Hotelling, “Analysis of a complex of statistical variables into principal components,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 24, no. 6, pp. 417–441, 1933, doi: 10.1037/h0071325.
- [44] Ian Jolliffe and Jorge Cadima, “Principal component analysis: A review and recent developments,” *Philos. Trans.*, 2016, doi: 10.1098/rsta.2015.0202.
- [45] Karl Pearson, “On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space.,” in *University College*, no. 1, University College, Ed. pp. 559–572.
- [46] Jonathon Shlens, “A Tutorial on Principal Component Analysis,” *Univ. Calif.*, no. 2, pp. 1–13, 2005, [Online]. Available: papers3://publication/uuid/4D1DBE59-7625-4528-BAB6-E076486F0C77
- [47] Nutthatida Phuangsaichai, “Investigation into the predictive performance of colorimetric sensor strips using RGB, CMYK, HSV, and CIELAB coupled with various data preprocessing methods: a case study on an analysis of water quality parameters,” *J. Anal. Sci. Technol.*, vol. 12, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.1186/s40543-021-00271-9.
- [48] Jolliffe, *Principal Component Analysis*, 2nd ed. Springer, 2002. [Online]. Available: <http://link.springer.com/10.1007/b98835>

Anexos

Anexos A – Gráficos das coordenadas *CIELab* para a seleção da cor de estudo.

As figuras de A.1 a A.34 foram obtidas através do software *ColorCARE BASF*. A partir deste software, é possível a realização de gráficos com as medições de cor obtidas pelo espectrofotômetro multi-ângulo *BYK mac i*. Além disso, os gráficos representam diferentes ângulos de observação: 15° (azul), 25° (verde), 45° (preto), 75° (amarelo) e 110° (rosa).

O software *ColorCARE* contém as coordenadas de cor da chapa padrão desenvolvida pelo cliente e aplica o desvio euclidiano entre as coordenadas de cor da chapa padrão com as coordenadas de cor das peças medidas pelo *BYK mac i*.

A coordenada de cor da peça medida é designada fora de parâmetros quando o seu desvio euclidiano for inferior a -1 ou superior a 1. Além disso, as cores das peças são consideradas *NOK* se o desvio de cor, isto é, o desvio euclidiano considerando as três coordenadas de cor (*dE*) for superior a 1,70 se a cor for sólida ou superior a 2,00 se a cor for metálica.

Importante mencionar que se utiliza o sistema *CIELab* para cores acromáticas (cores brancas, pretas, cinzentas) e o sistema *CIELCh* para cores cromáticas (vermelho, verde, amarelo).

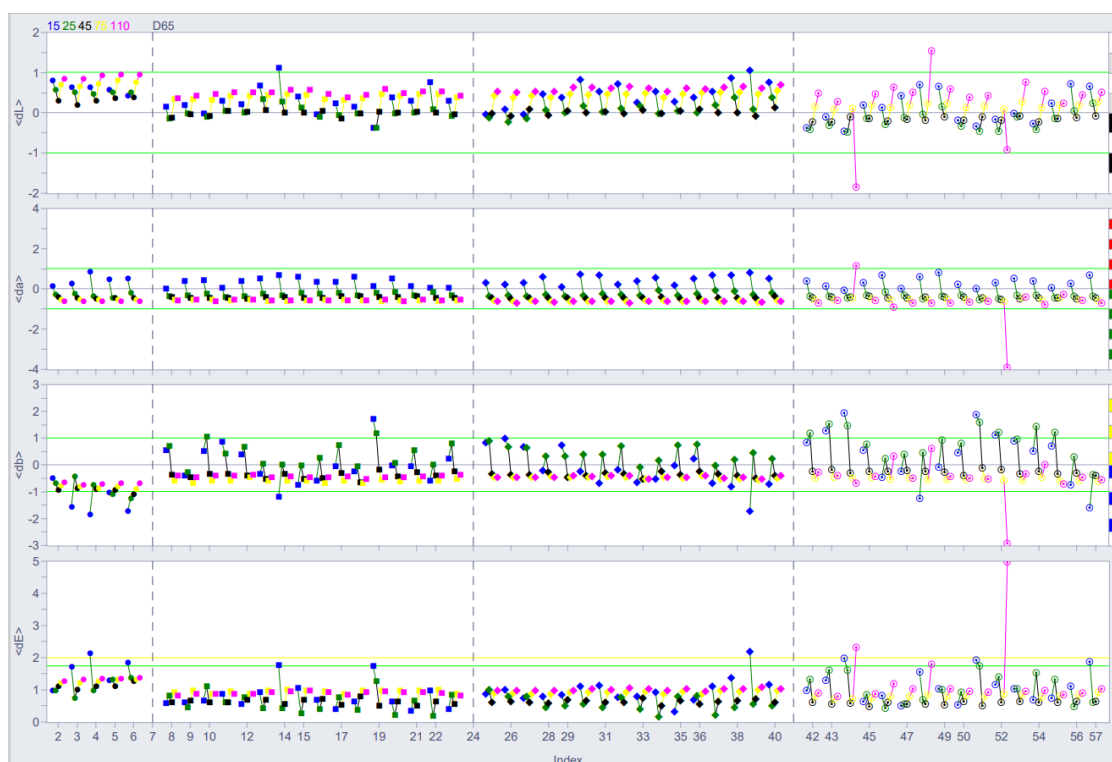


Figura A.1 - Gráficos das coordenadas *CIELab* para a seleção da cor de estudo. Parte 1 de 34

A figura A.1 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*. Pela observação dessa figura verifica-se que as cores dos para-choques se encontram centrados à exceção das medições de cor 44 e 52.

A medição 44 apresenta uma cor mais escura e mais vermelha no ângulo de observação de 110° e apresenta uma cor mais amarela nos ângulos de observação de 15° e 25°.

A medição 52 apresenta uma cor muito verde e azul no ângulo de observação de 110°.

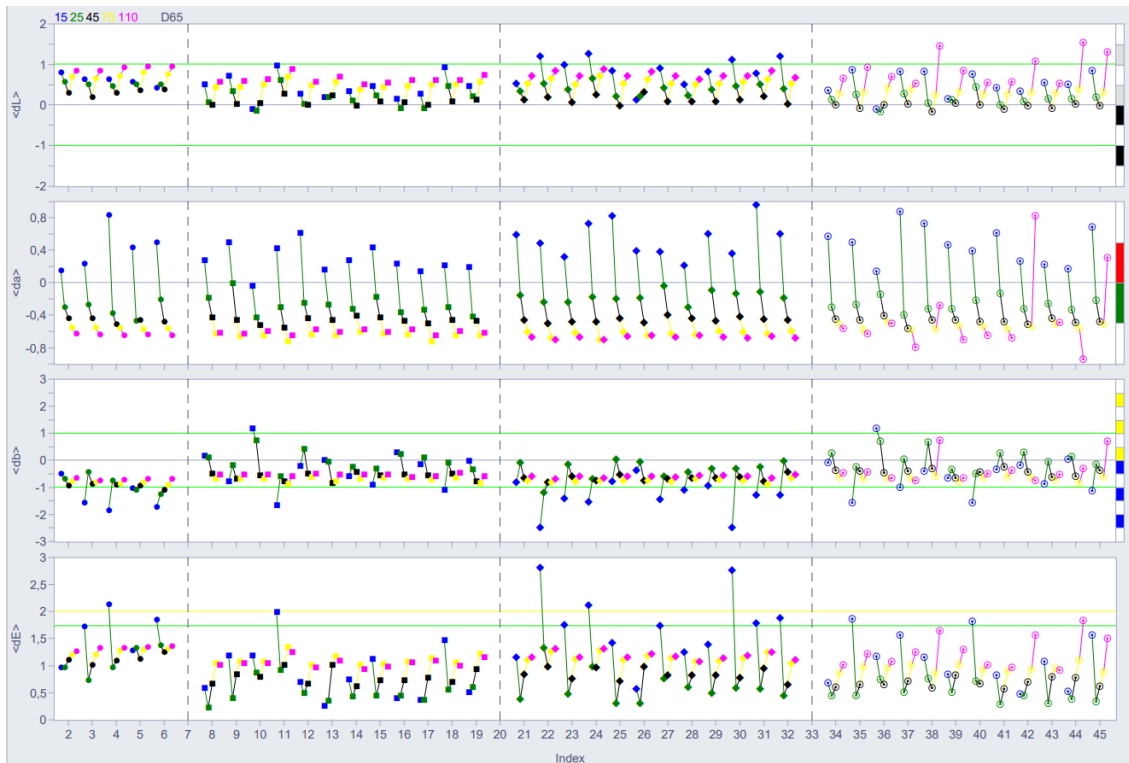


Figura A.2 - Gráficos das coordenadas *CIELab* para a seleção da cor de estudo. Parte 2 de 34

A figura A.2 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da figura, verifica-se que a cor está centrada na coordenada a^* , que a cor está a tender para a zona do mais claro na coordenada L^* e, que no ângulo de 15°, a cor está mais azul que o suposto.

Devido a isso, analisa-se que algumas medições se encontra *NOK* no ângulo de observação 15°.

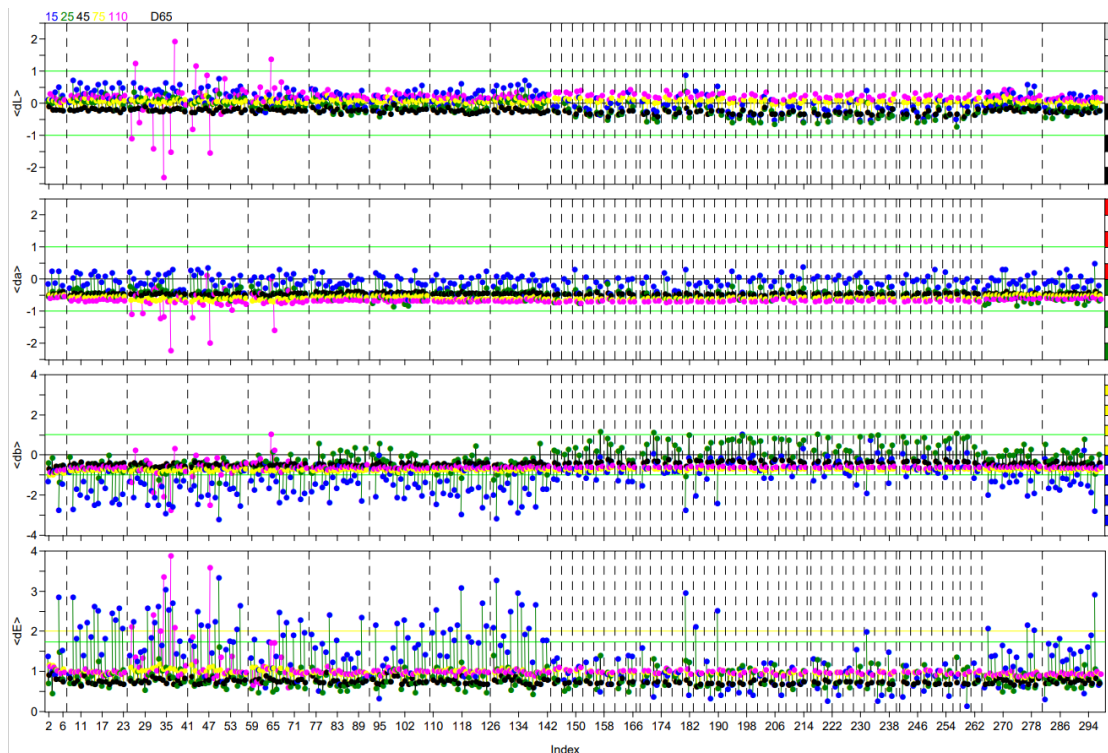


Figura A.3 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 3 de 34

A figura A.3 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada L^* , verifica-se que as cores das peças encontram-se centradas à exceção do terceiro e quarto skid de peças, em que a cor tanto se encontra mais escura e clara no ângulo de observação de 110° .

Pela observação da coordenada a^* , verifica-se que as cores das peças tendem para uma cor mais verde.

Pela observação da coordenada b^* , verifica-se nos primeiros nove skids de peças que as suas cores tendem para o azul no ângulo de observação de 15° e, por isso, essas cores encontram-se fora de protocolo ($dE > 2,00$).

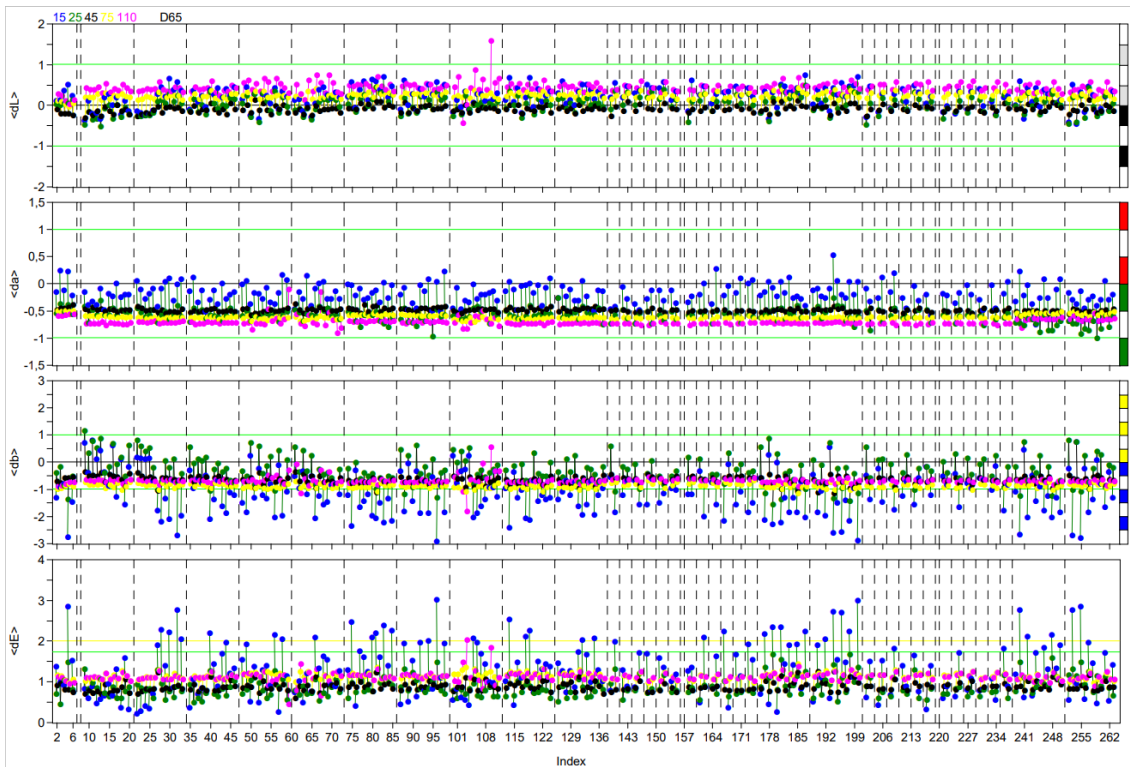


Figura A.4 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 4 de 34

A figura A.4 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , observa-se que a cor dos para-choques encontram-se centrados.

Pela observação da coordenada de cor a^* , observa-se que a cor dos para-choques tende para o verde.

Pela observação da coordenada de cor b^* , observa-se que, no ângulo de observação 15° , a cor tem para o azul, colocando a cor das peças *NOK* de protocolo.



Figura A.5 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 5 de 34

A figura A.5 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada, no entanto, existem medições de cor no ângulo de observação de 15° e 25° mais claros que o suposto.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada, no entanto, as medições de cor 94 e 110 apresentam uma cor mais vermelha no ângulo de observação de 15° e a medição de cor 95 apresenta uma cor mais verde no mesmo ângulo de observação.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que nos ângulos de observação de 15° , 75° e 110° que a cor tende para o amarelo, enquanto que nos ângulos de observação restantes a cor tende para o azul.

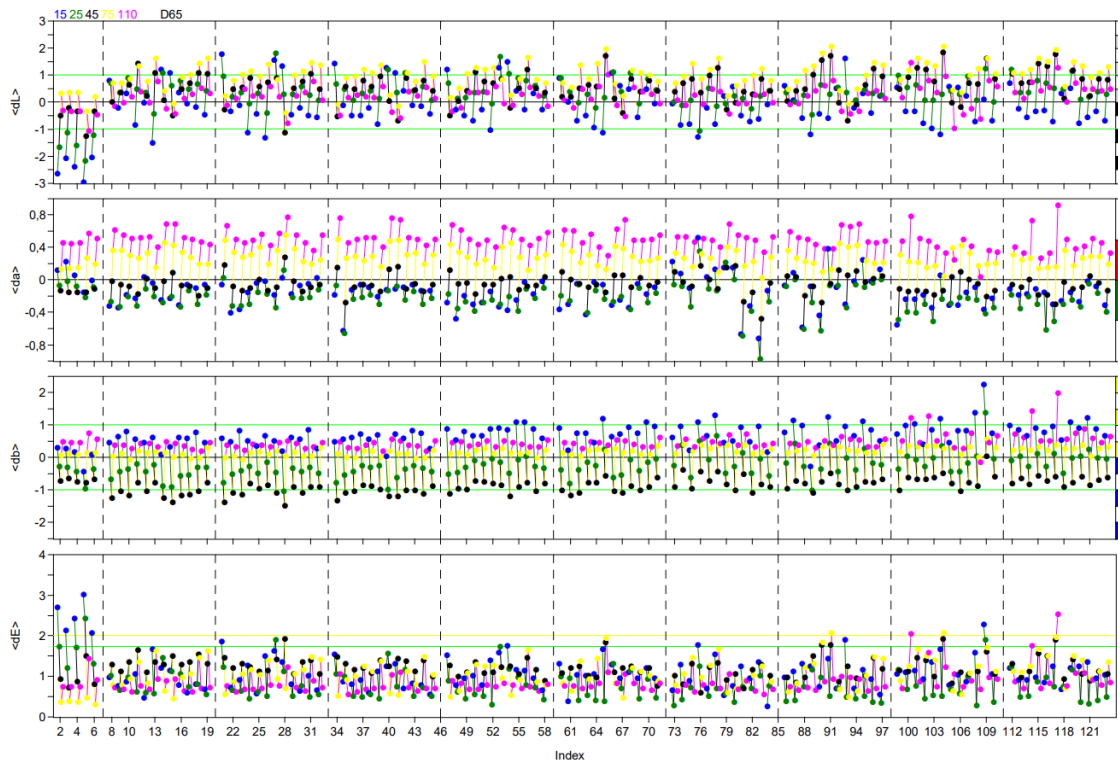


Figura A.6 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 6 de 34

A figura A.6 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que nos ângulos de observação de 45° e 75° que a cor tendem para o claro, enquanto que a cor do ângulo de observação 15° tende para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que os valores de cor se encontram centrados e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde, enquanto que a cor dos ângulos de observação de 75° e 45° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que os valores de cor se encontram centrados e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o amarelo, enquanto que a cor dos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o azul.

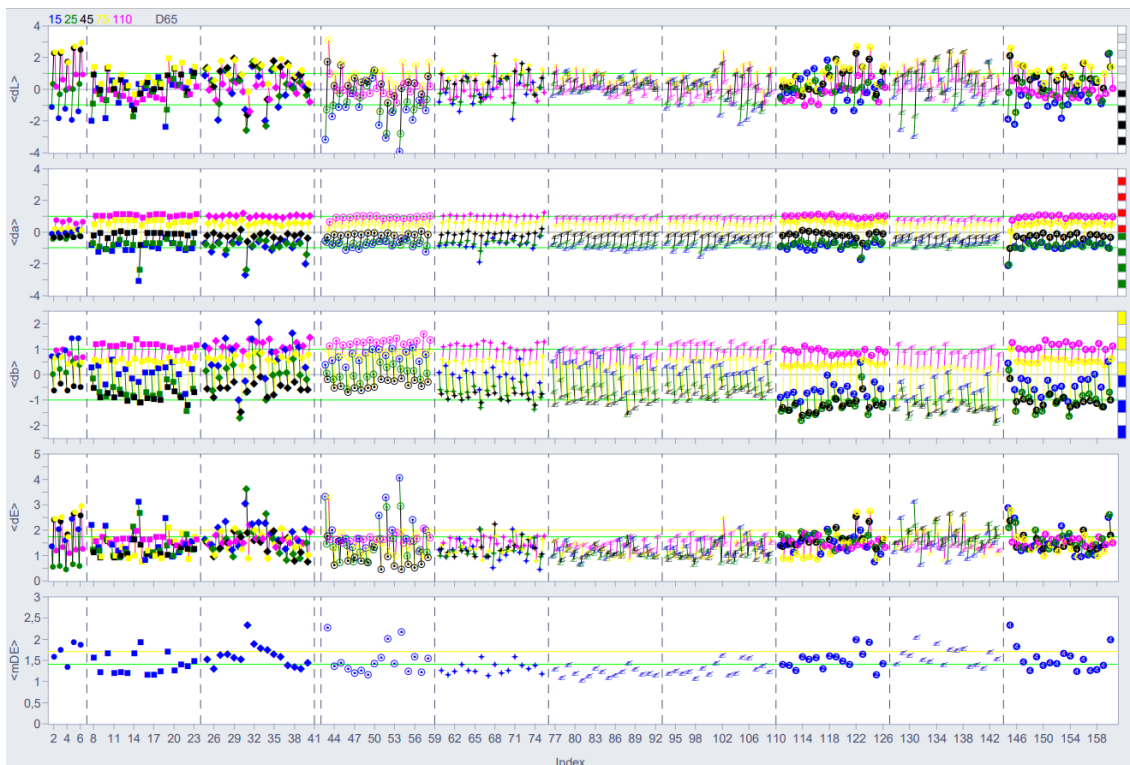


Figura A.7 – Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 7 de 34

A figura A.7 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que as medições de cor de para-choques do mesmo skid apresentam resultados dispares entre elas. No entanto, verifica-se que a cor nos ângulos de observação de 45° e 75° tendem para o claro e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques apresentam a mesma tendência dentro do seu skid de peças. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o azul e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

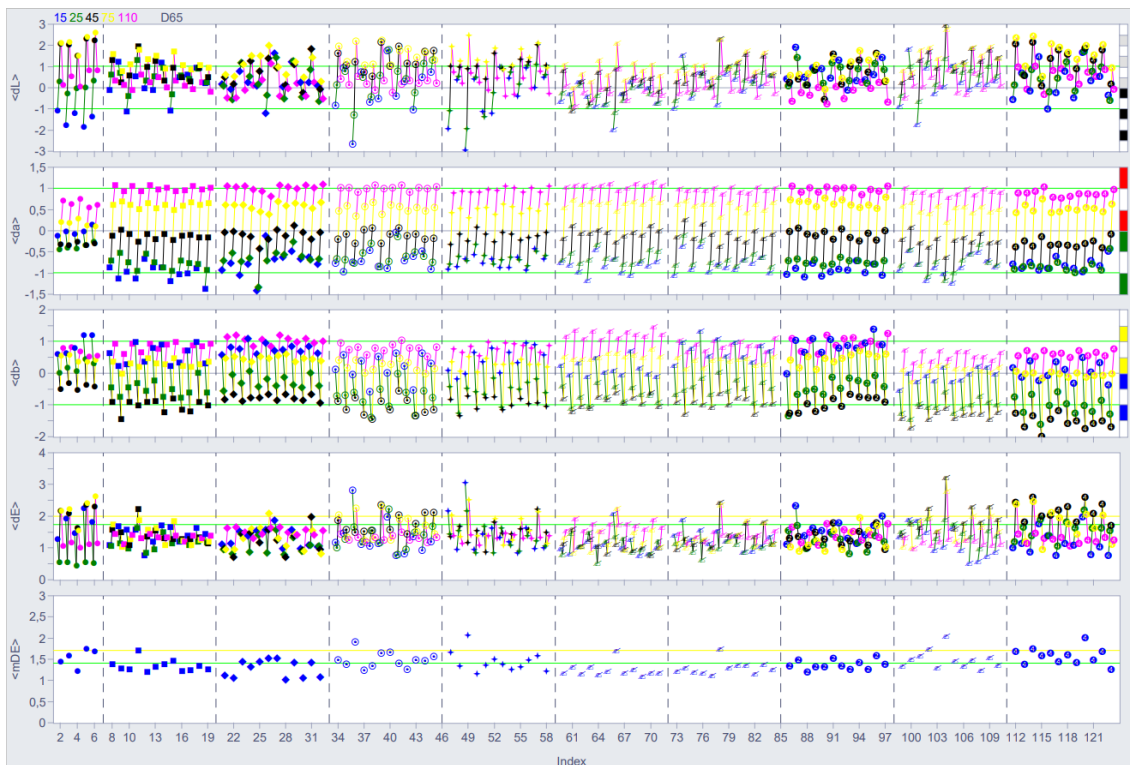


Figura A.8 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 8 de 34

A figura A.8 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que as medições de cor de parchoques de skid diferentes apresentam resultados dispares entre elas. No entanto, verifica-se que a cor nos ângulos de observação de 45° e 75° tendem para o claro e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o azul e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

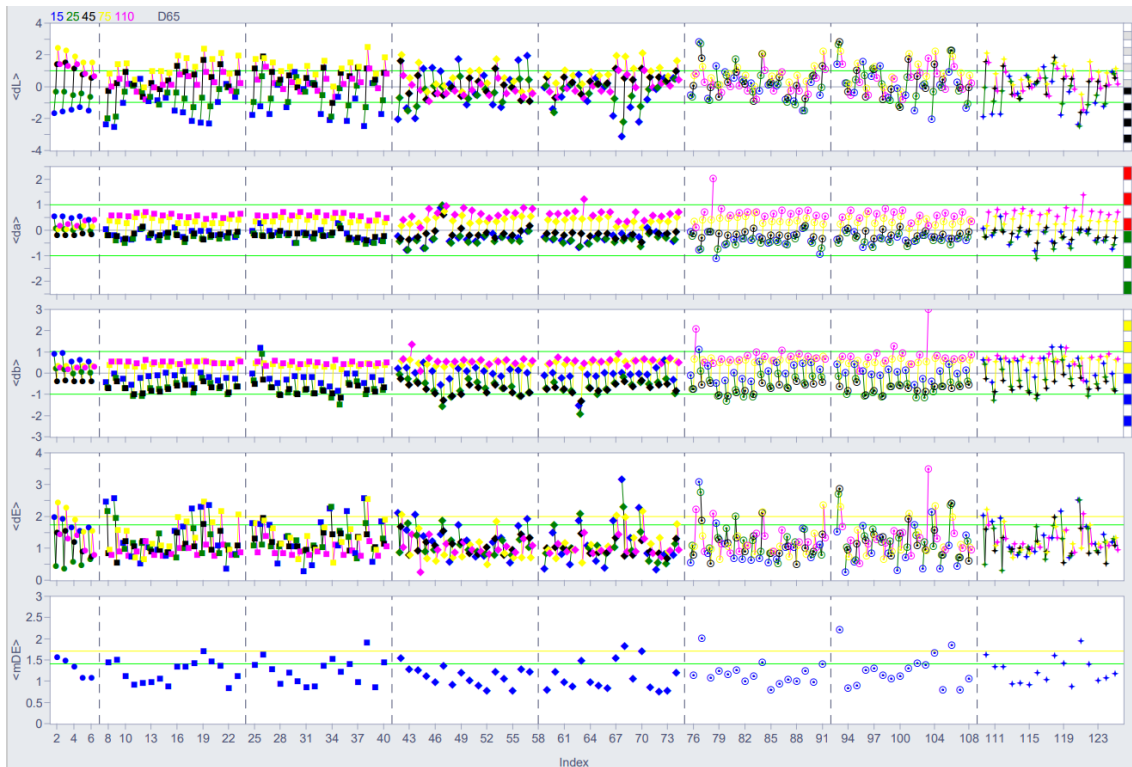


Figura A.9 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 9 de 34

A figura A.9 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que as medições de cor de parchoques do mesmo skid apresentam resultados dispares entre elas. No entanto, verifica-se que a cor nos ângulos de observação de 45° e 75° tendem para o claro e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o azul e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

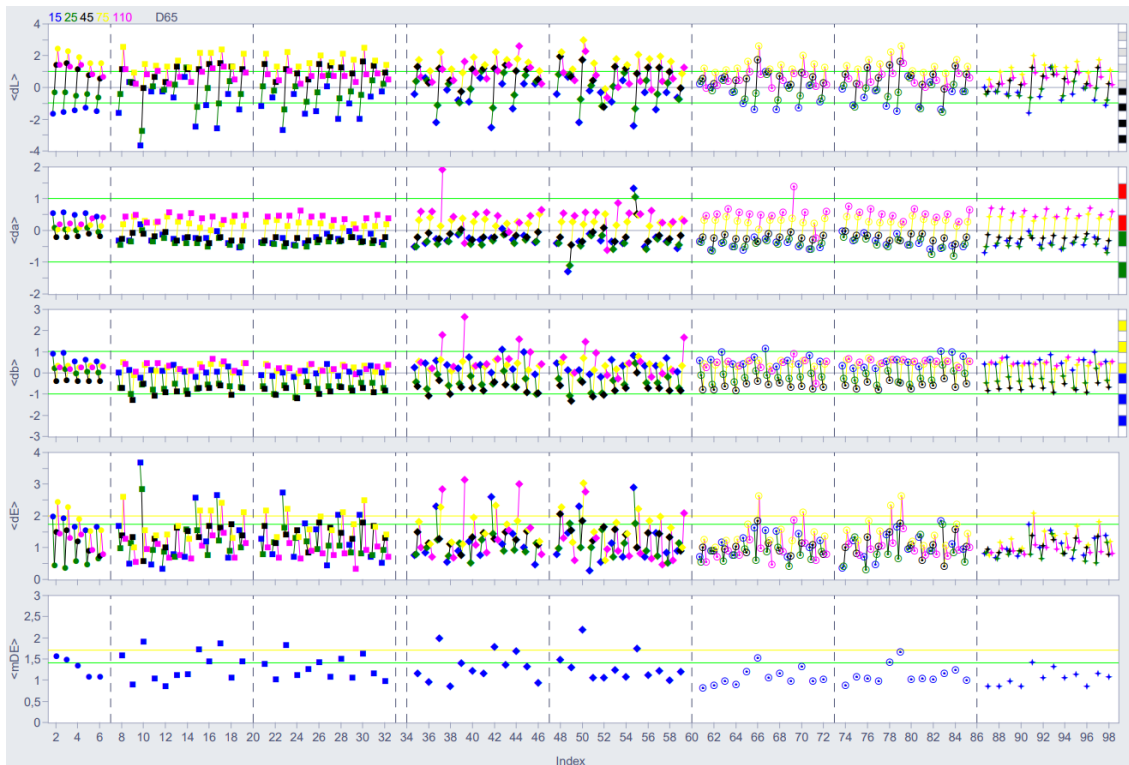


Figura A.10 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 10 de 34

A figura A.10 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que as medições de cor de para-choques do mesmo skid apresentam resultados dispares entre elas. No entanto, verifica-se que a cor nos ângulos de observação de 45° e 75° tendem para o claro e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o azul e que a cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o amarelo.

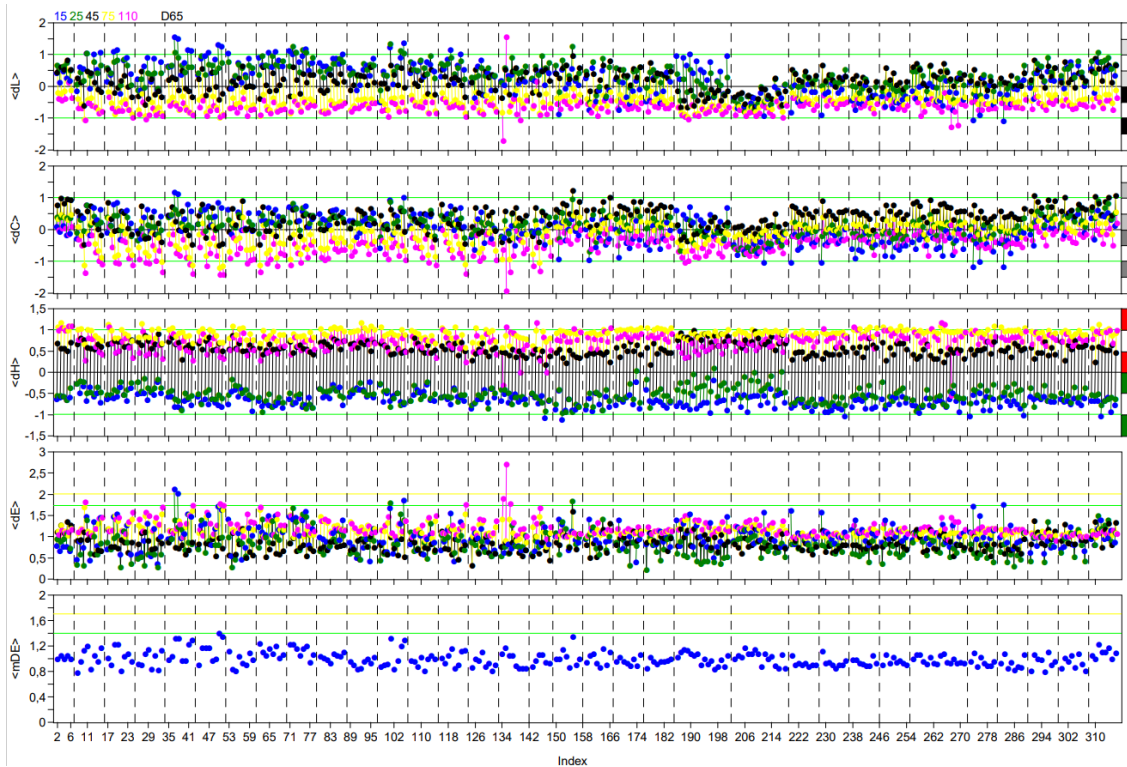


Figura A.11 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 11 de 34

A figura A.11 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se uma inversão na tendência da cor no ângulo de observação de 15° a partir da medição de cor 202. Além disso, verifica-se que as medições de cor se encontram centradas.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se uma inversão na tendência da cor no ângulo de observação de 15° a partir da medição de cor 202. Além disso, verifica-se que as medições de cor se encontram centradas.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

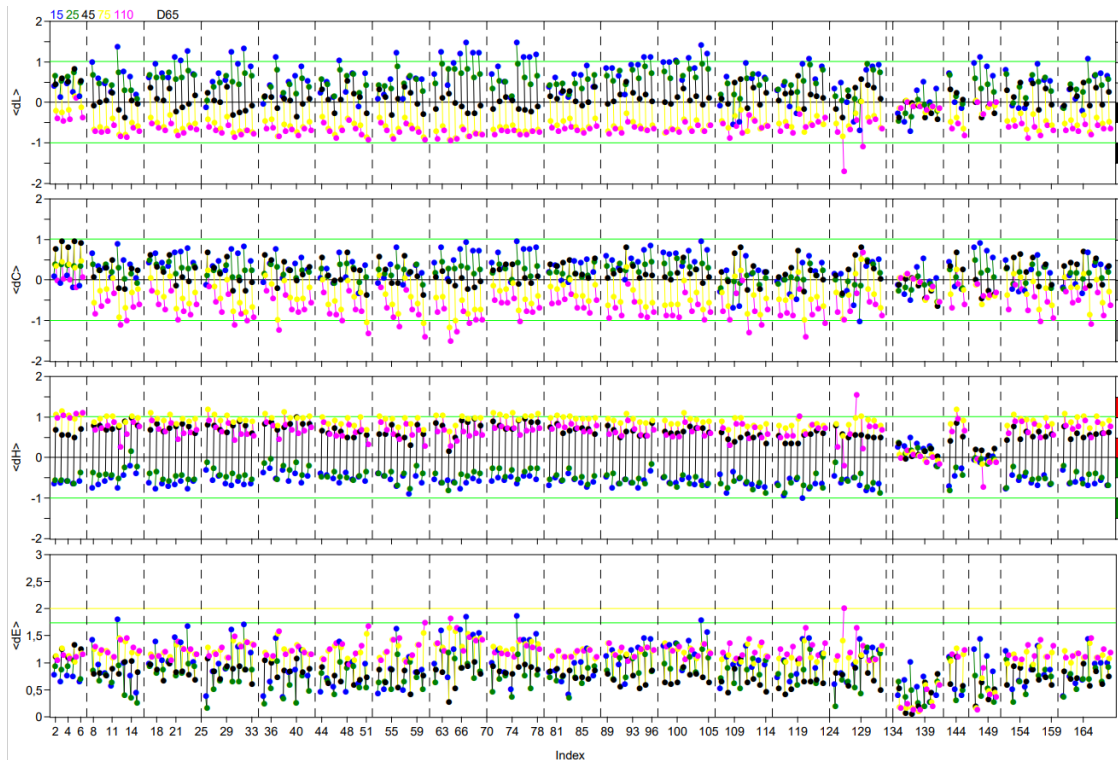


Figura A.12 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 12 de 34

A figura A.12 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. Além disso, verifica-se que a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o claro e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° estão mais saturadas e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° estão menos saturadas.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que as medições de cor se encontram centradas. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e que a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

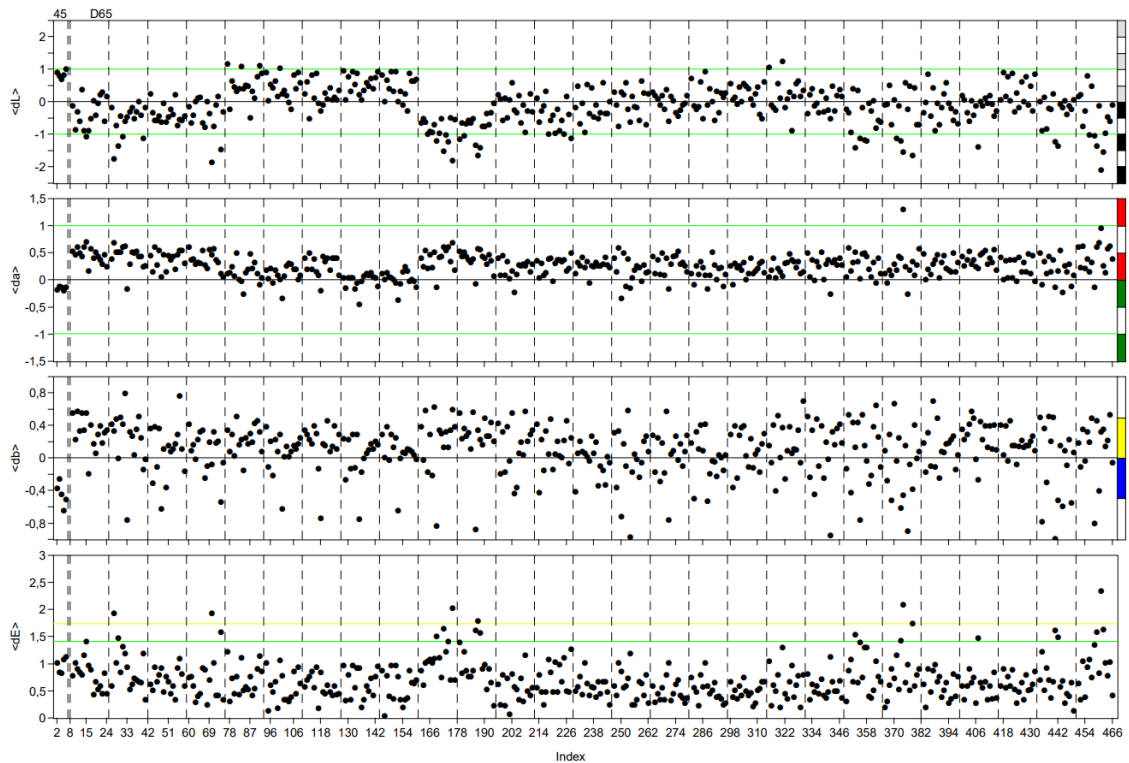


Figura A.13 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 13 de 34

A figura A.13 representa uma cor acromática e sólida, uma vez que utiliza o sistema *CIELab* e apenas se contabiliza o ângulo de observação de 45° .

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques apresentam tendências diferentes entre eles. Tanto se observam medições de cor a tenderem para o escuro como existem medições de cor a tenderem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques apresentam tendências diferentes entre eles. Tanto se observam medições de cor a tenderem para o amarelo como existem medições de cor a tenderem o azul.

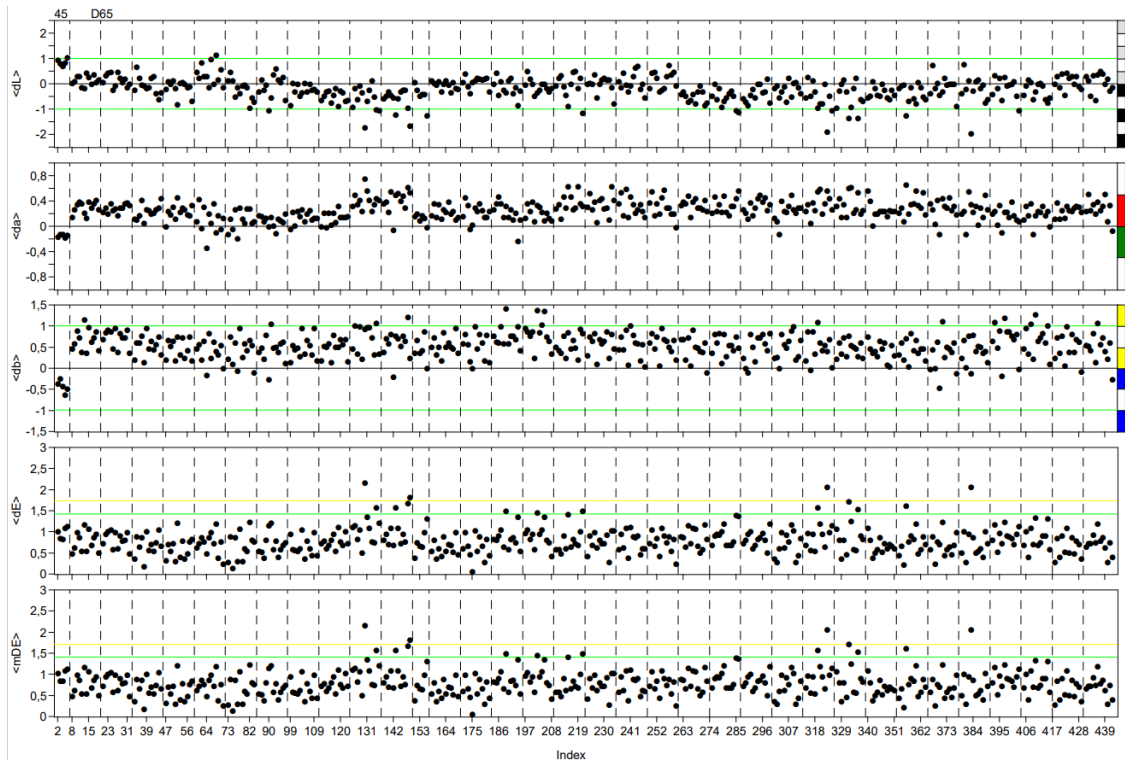


Figura A.14 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 14 de 34

A figura A.14 representa uma cor acromática e sólida, uma vez que utiliza o sistema *CIELab* e apenas se contabiliza o ângulo de observação de 45°.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o amarelo.

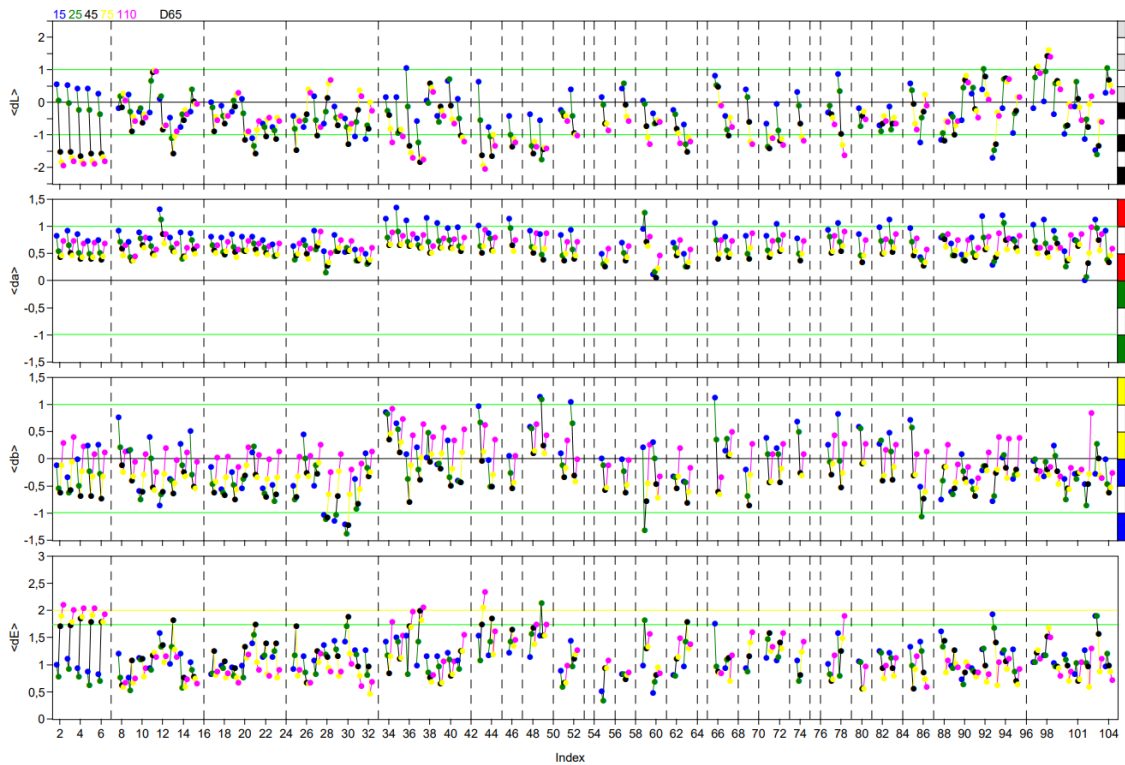


Figura A.15 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 15 de 34

A figura A.15 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.

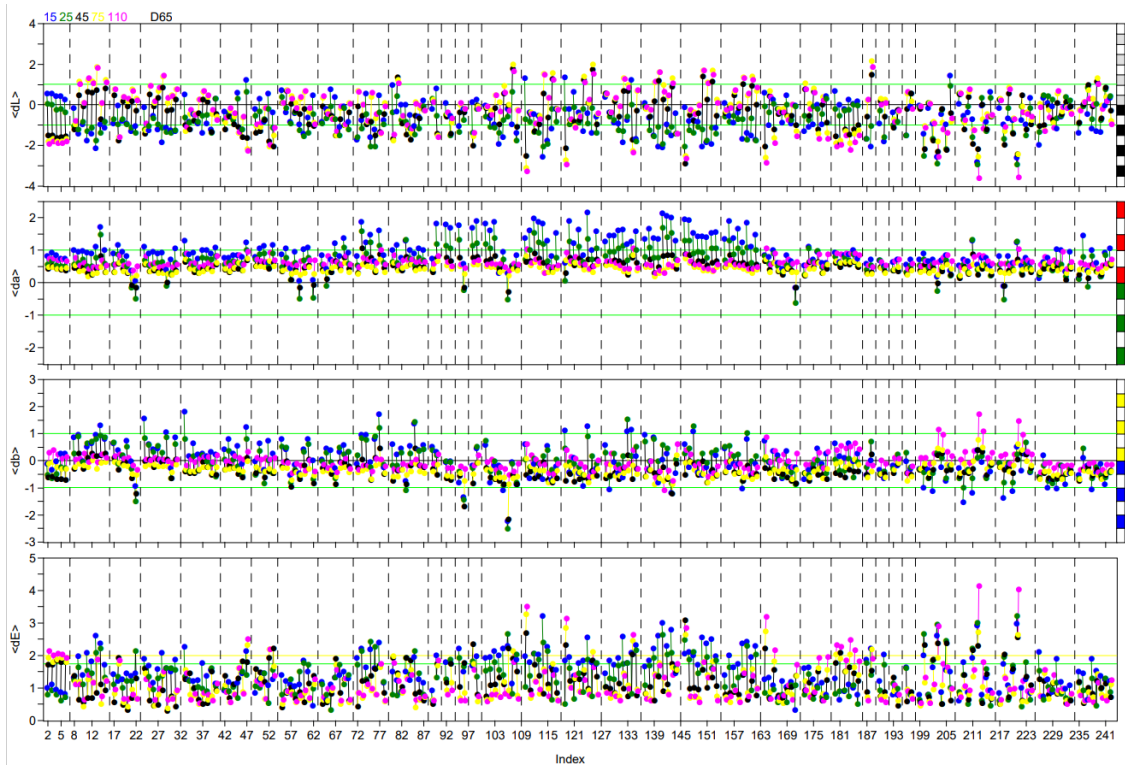


Figura A.16 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 16 de 34

A figura A.16 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.



Figura A.17 - Gráficos das coordenadas CIE Lab para a seleção da cor de estudo. Parte 17 de 34

A figura A.17 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIE Lab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques impossibilitando verificar a tendência da cor nesta coordenada.

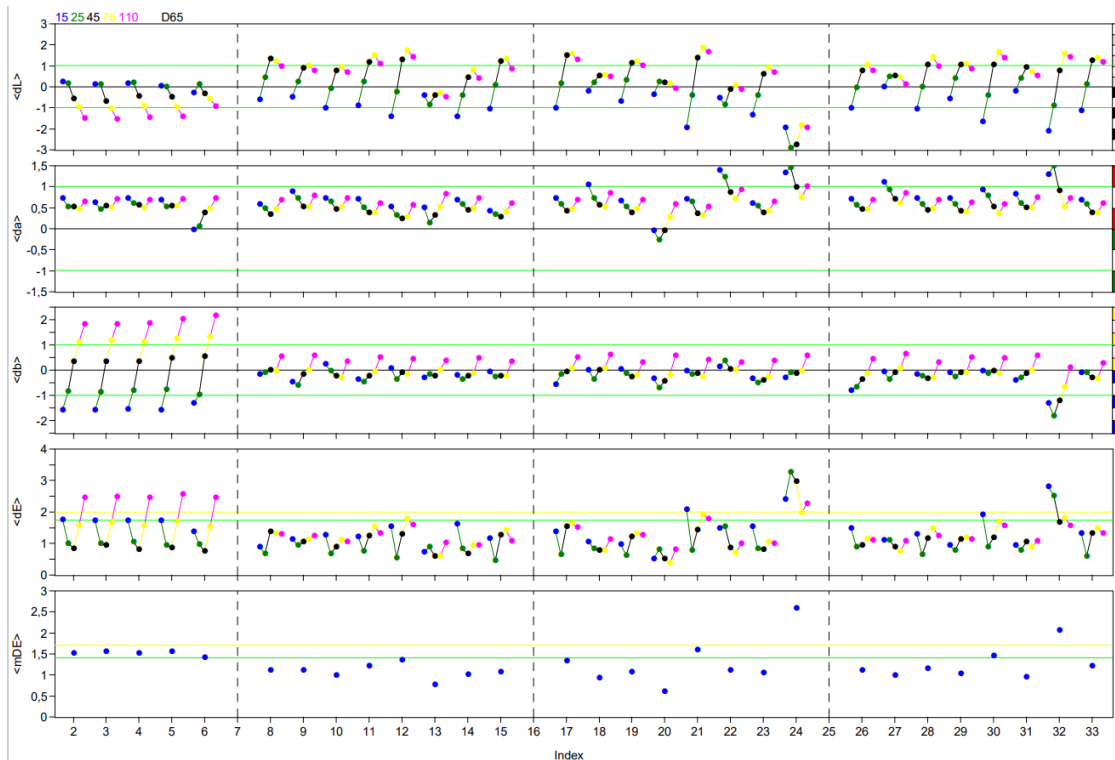


Figura A.18 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 18 de 34

A figura A.18 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. Além disso, a cor no ângulo de observação de 15° tende para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 45° , 75° e 110° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada.

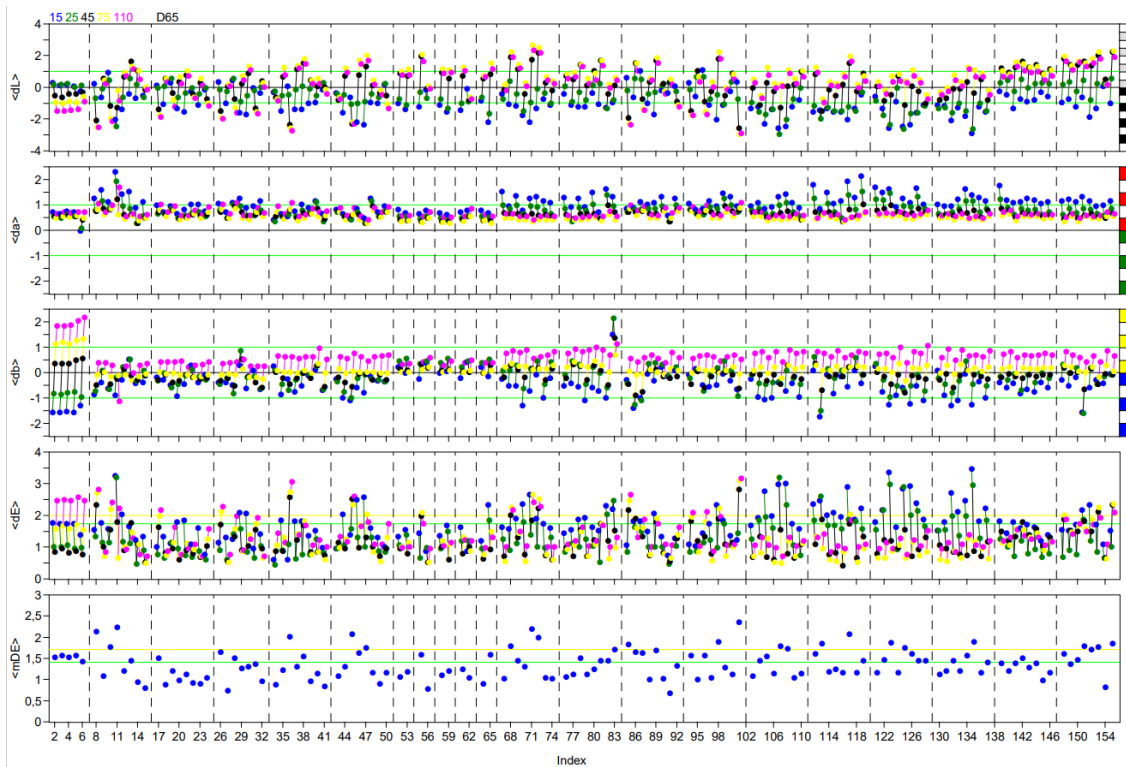


Figura A.19 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 19 de 34

A figura A.19 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. Além disso, a cor no ângulo de observação de 15° tende para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 45° , 75° e 110° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o azul e a cor no ângulo de observação de 110° tende para o amarelo.

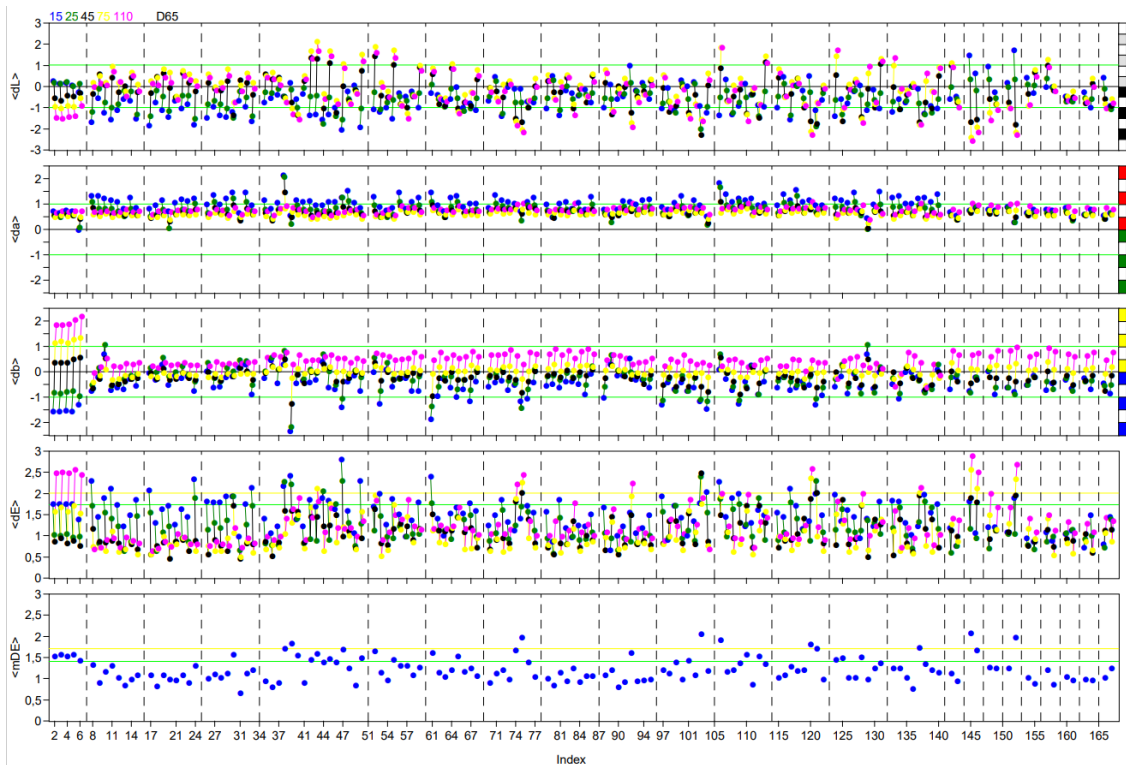


Figura A.20 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 20 de 34

A figura A.20 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. Além disso, a cor no ângulo de observação de 15° tende para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 45° , 75° e 110° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada e com uma tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques se encontra centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o azul e a cor no ângulo de observação de 110° tende para o amarelo.

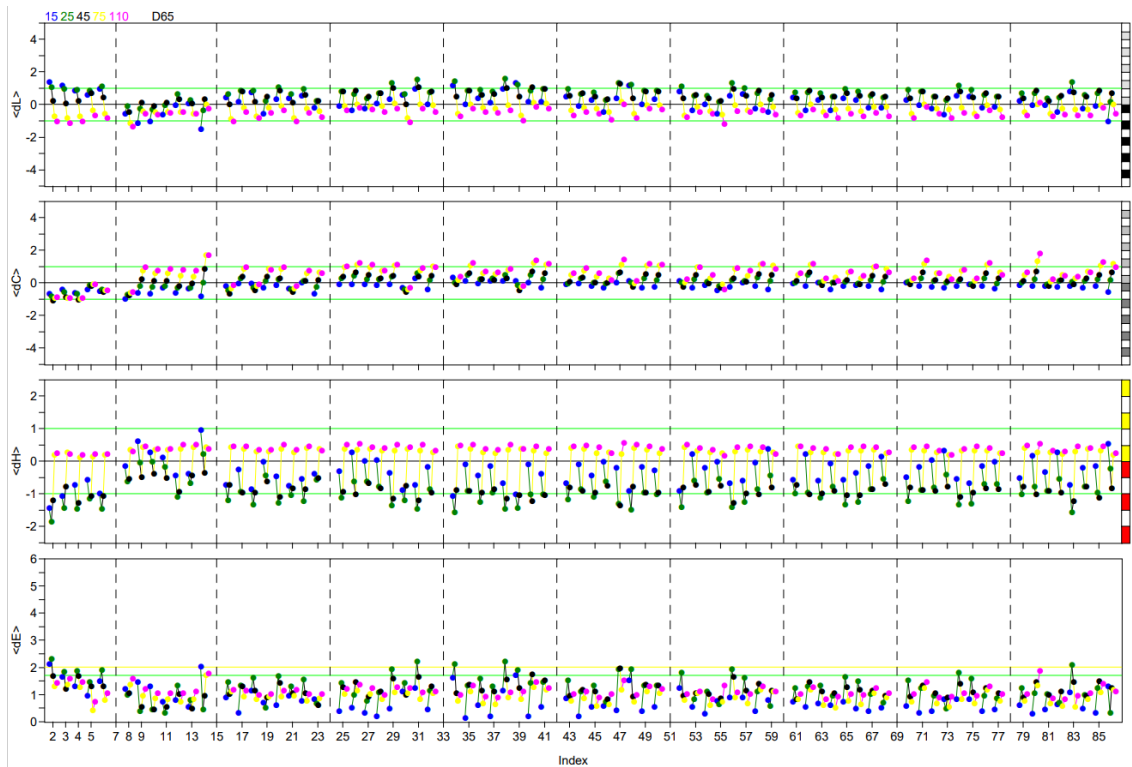


Figura A.21 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 21 de 34

A figura A.21 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação 15° , 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação 75° e 110° tendem para o amarelo.

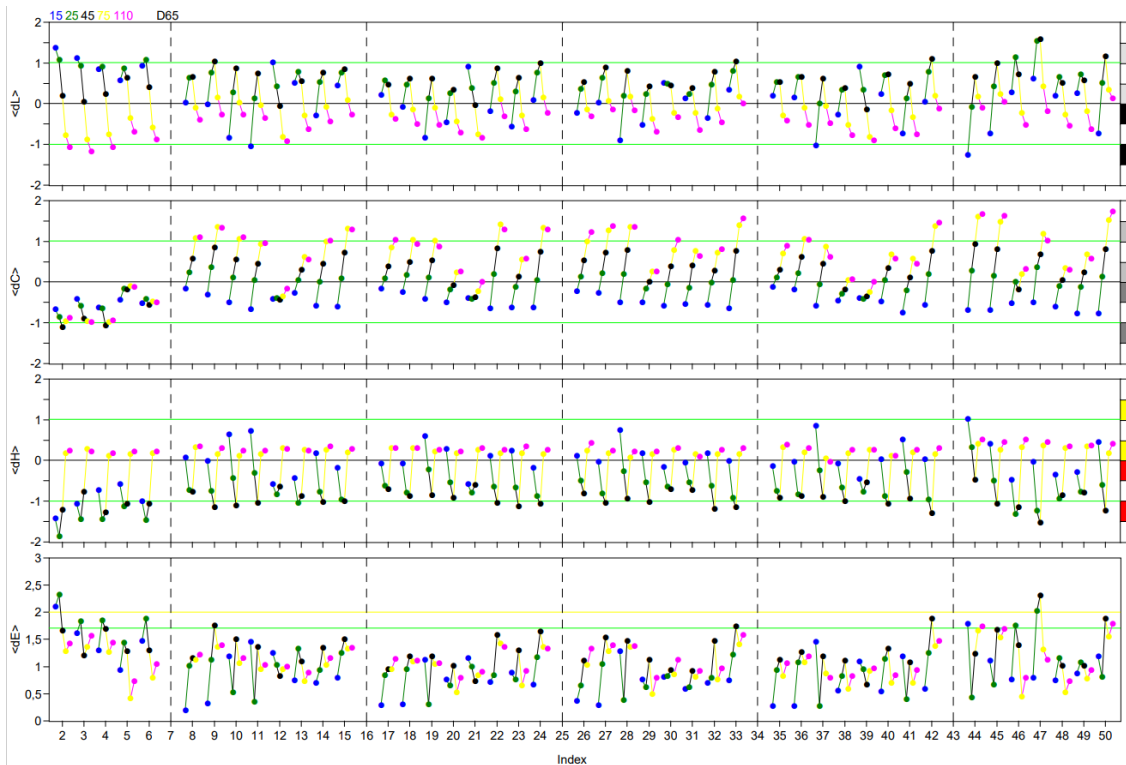


Figura A.22 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 22 de 34

A figura A.22 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação 25° e 45° tendem para o vermelho.

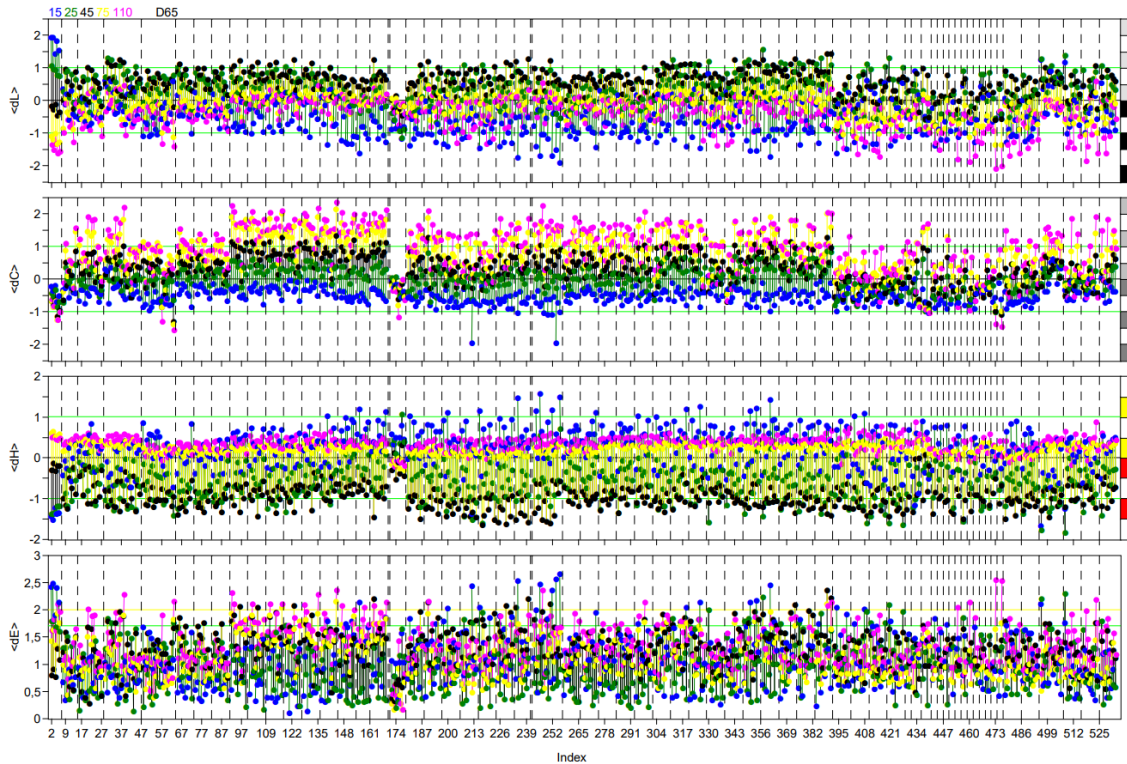


Figura A.23 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 23 de 34

A figura A.23 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

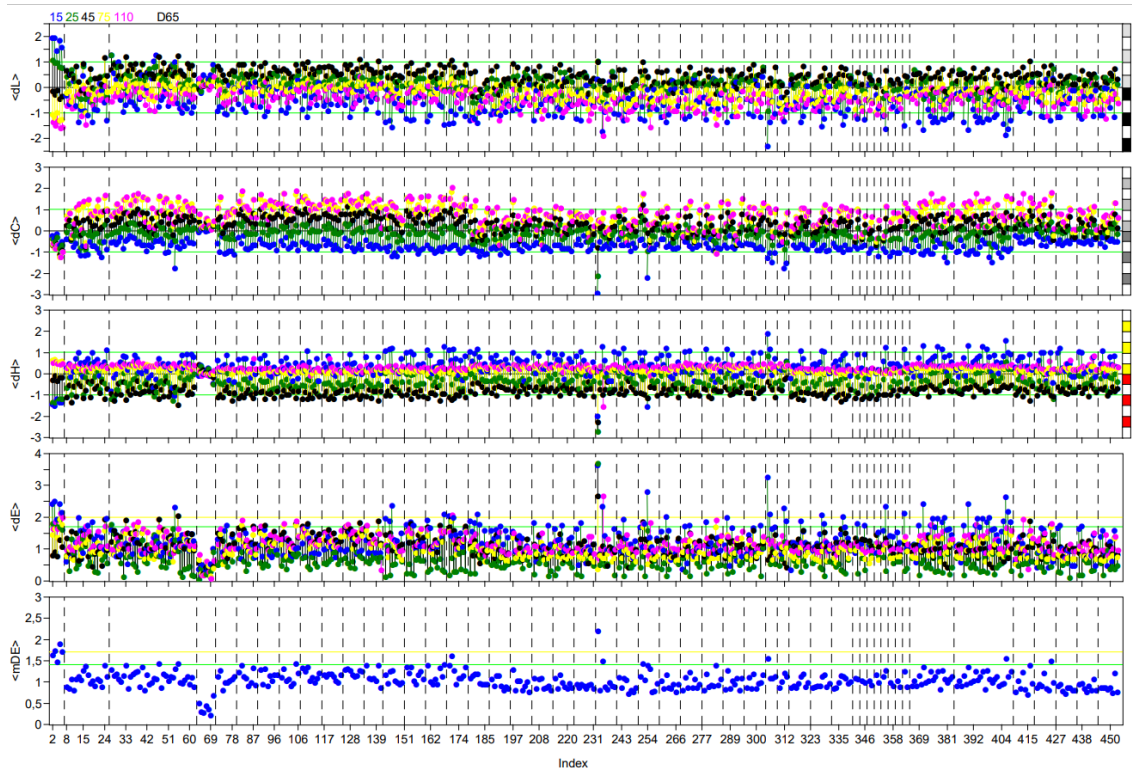


Figura A.24 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 24 de 34

A figura A.24 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 75° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o amarelo.

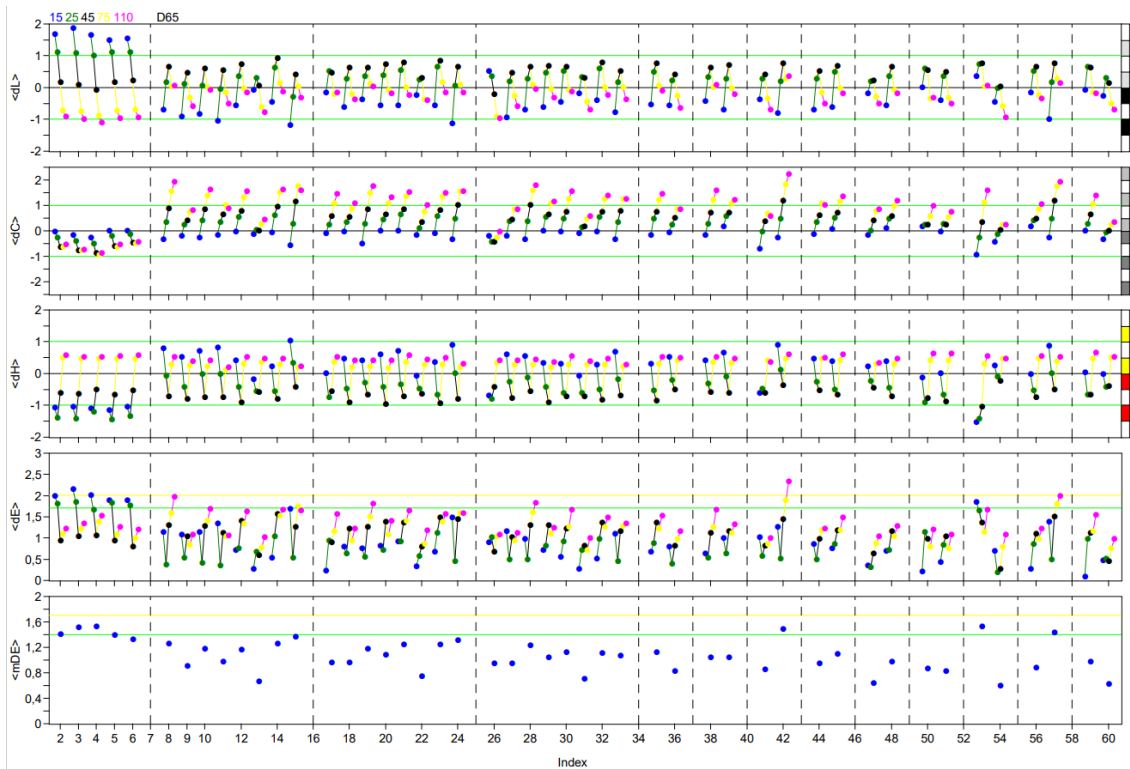


Figura A.25 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 25 de 34

A figura A.25 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o amarelo.

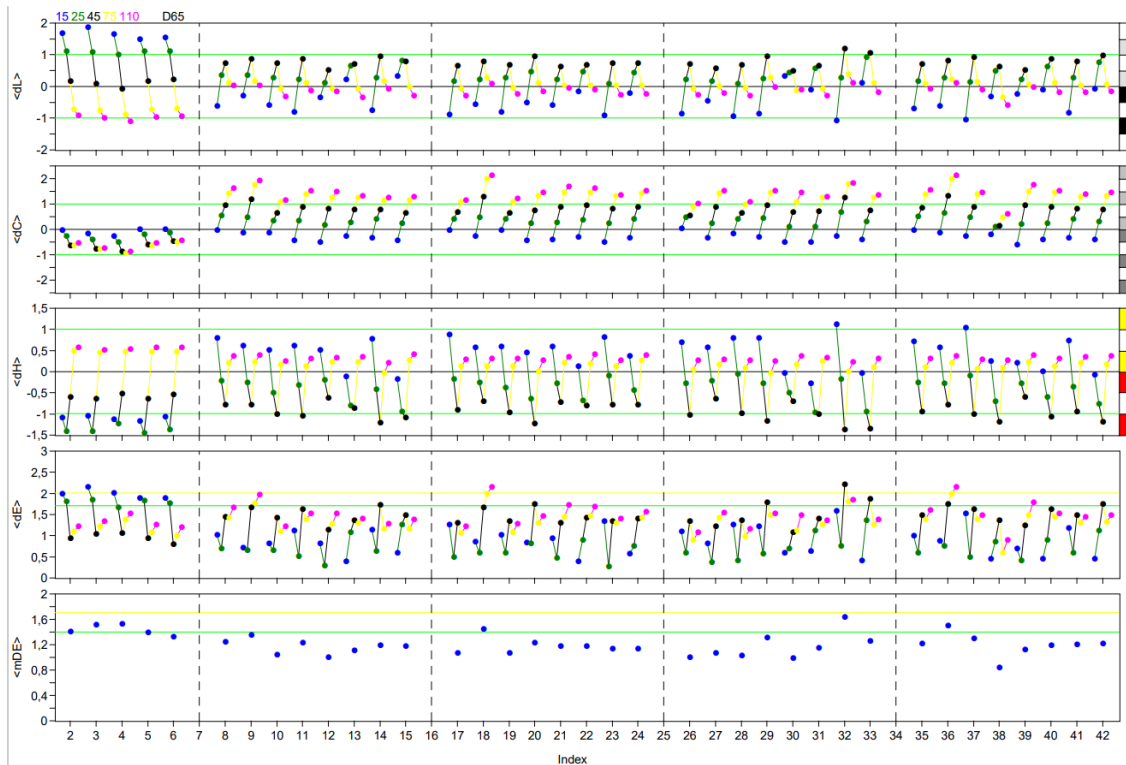


Figura A.26 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 26 de 34

A figura A.26 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o amarelo.

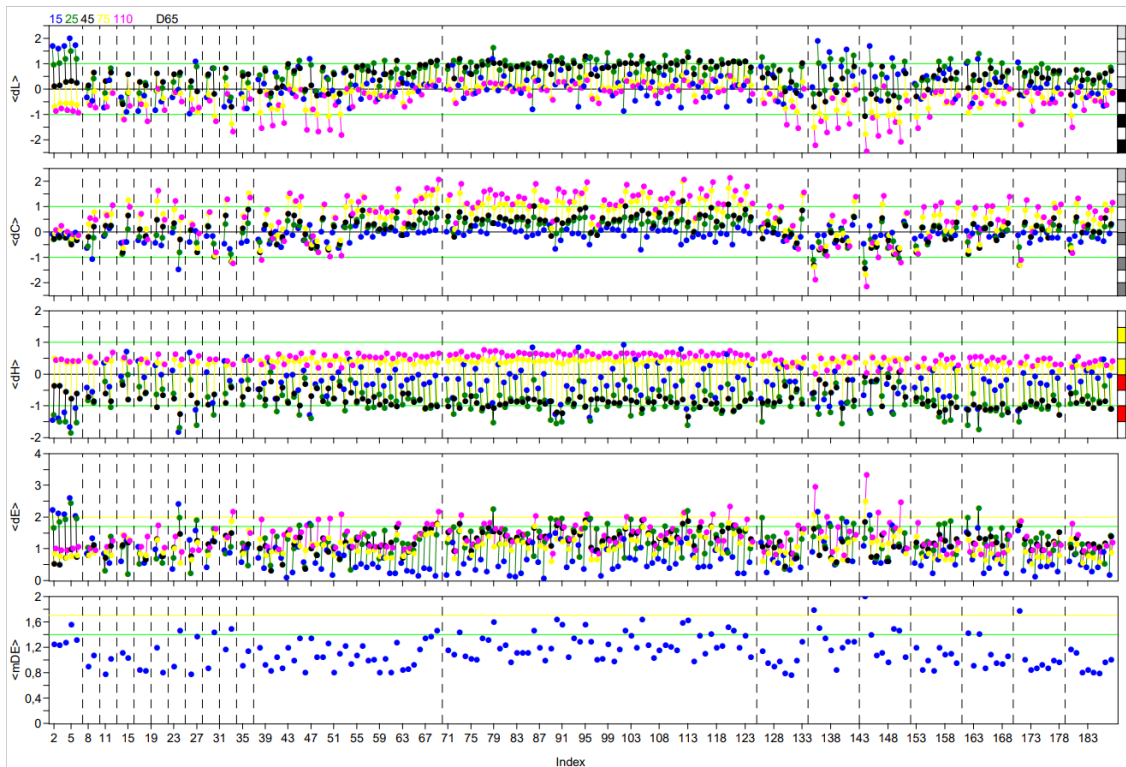


Figura A.27 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 27 de 34

A figura A.27 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

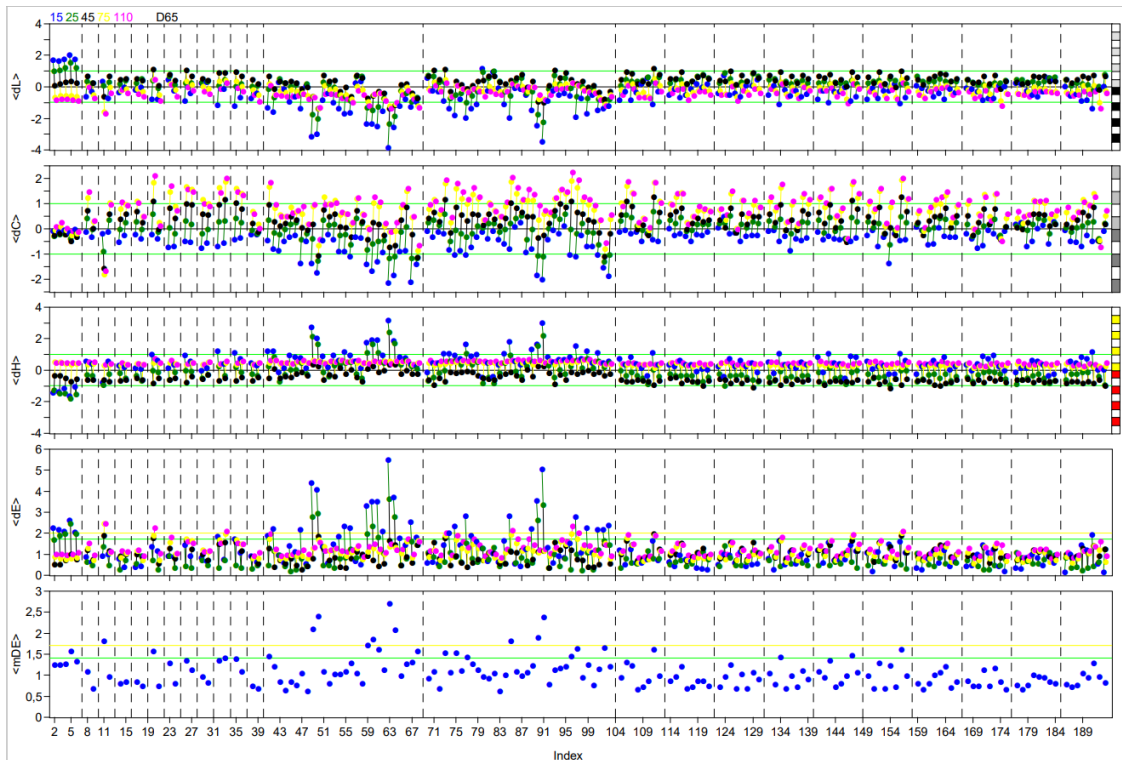


Figura A.28 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 28 de 34

A figura A.28 representa uma cor cromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELCh*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor C^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor no ângulo de observação de 15° tende para o menos saturado e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o mais saturado.

Pela observação da coordenada de cor h° , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o vermelho e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o amarelo.

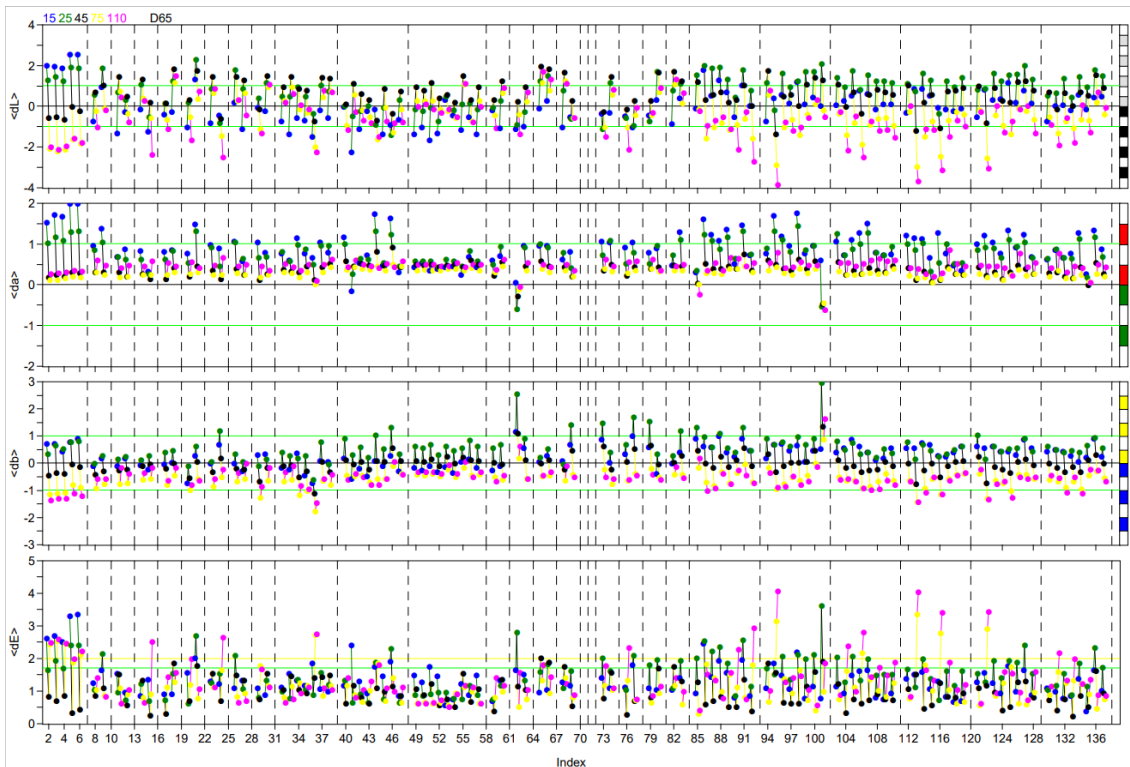


Figura A.29 - Gráficos das coordenadas CIE Lab para a seleção da cor de estudo. Parte 29 de 34

A figura A.29 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIE Lab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada e com tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o azul e a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o amarelo.

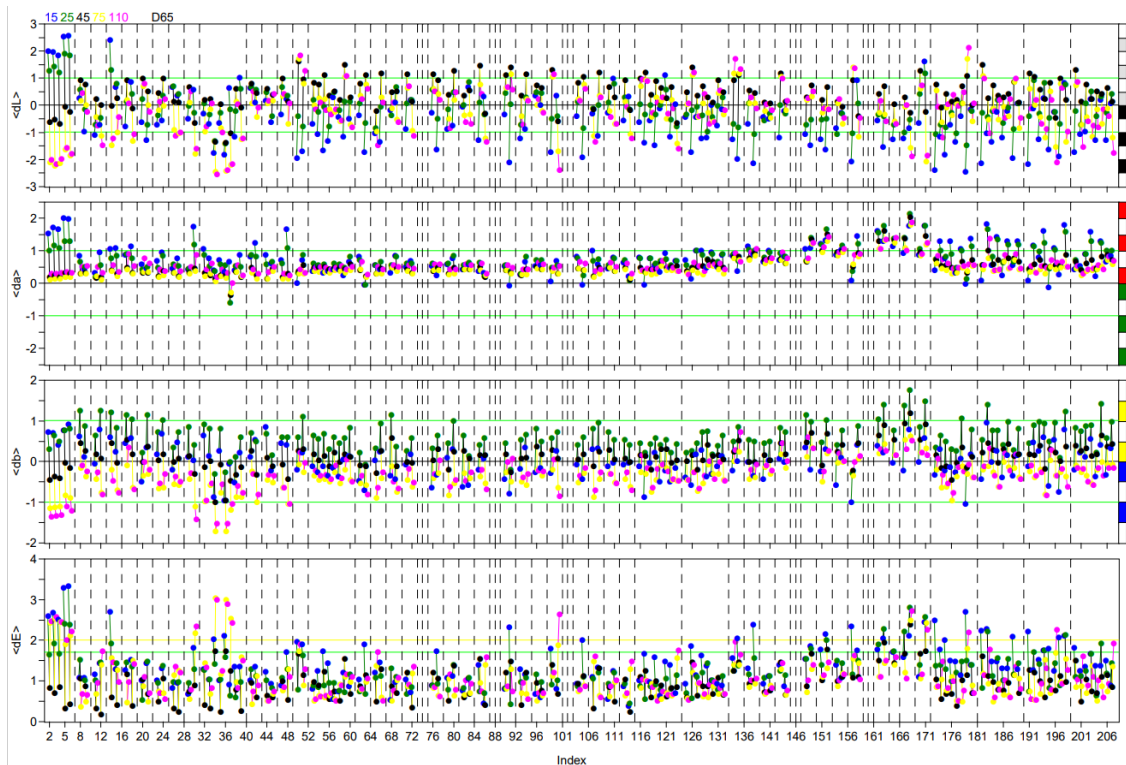


Figura A.30 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 30 de 34

A figura A.30 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que existe uma disparidade entre as cores dos para-choques. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada e com tendência para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o azul e a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o amarelo.

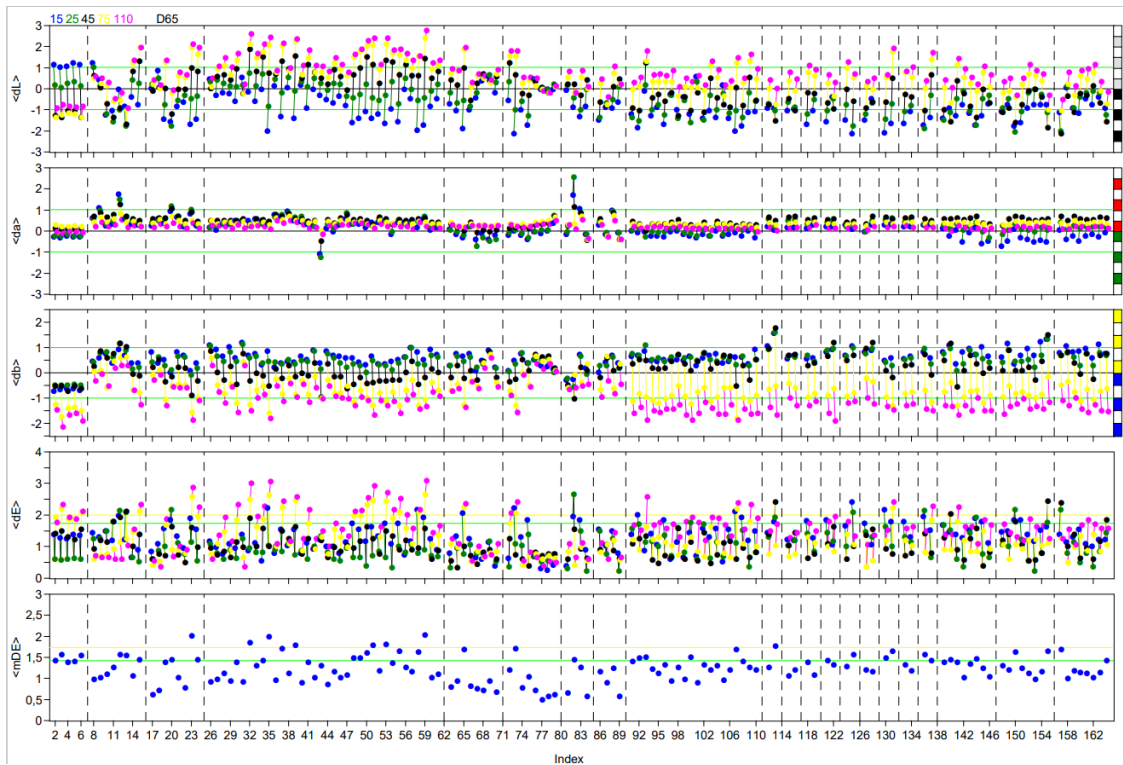


Figura A.31 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 31 de 34

A figura A.31 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o claro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o azul e a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o amarelo.

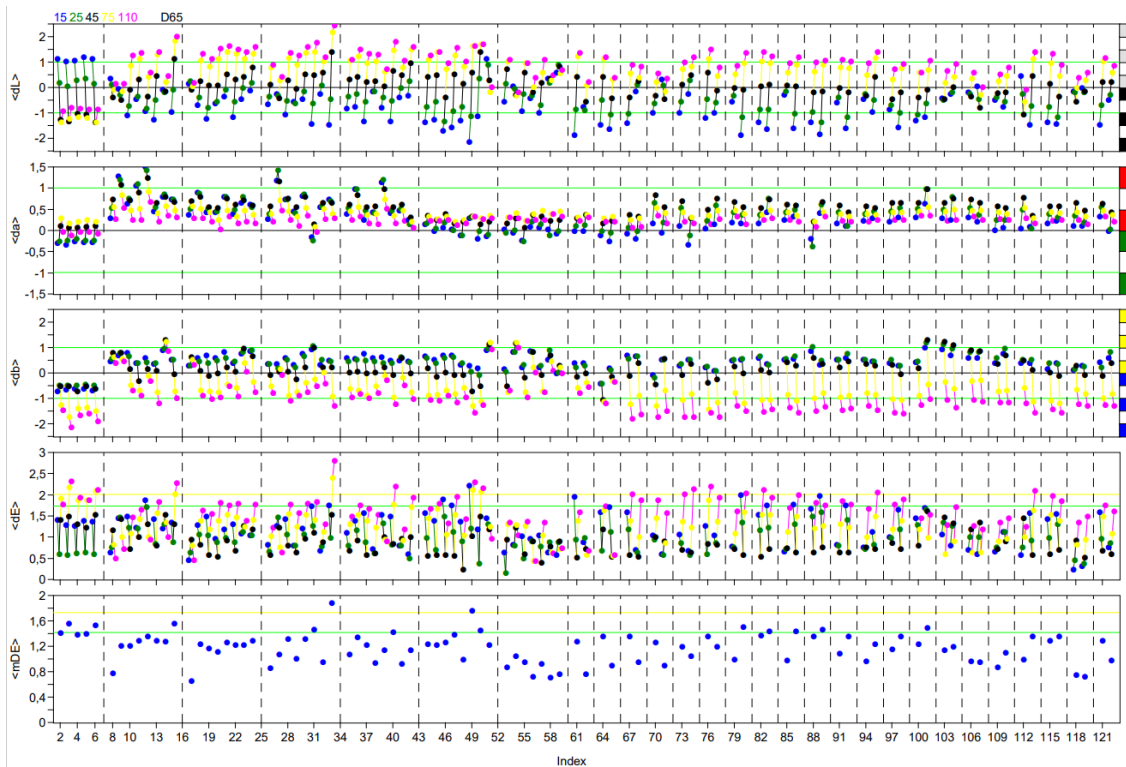


Figura A.32 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 32 de 34

A figura A.32 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o claro e a cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o escuro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o azul e a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o amarelo.

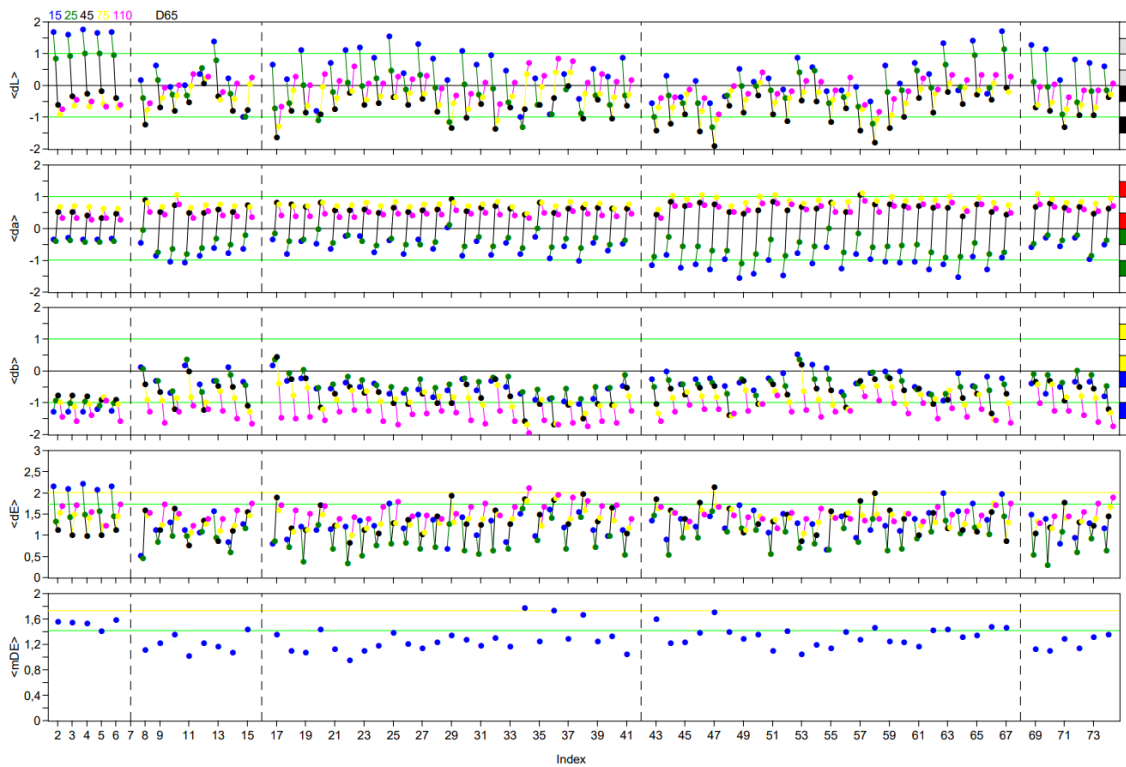


Figura A.33 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 33 de 34

A figura A.33 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 45° e 75° tendem para o escuro e a cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada com tendência para o azul.

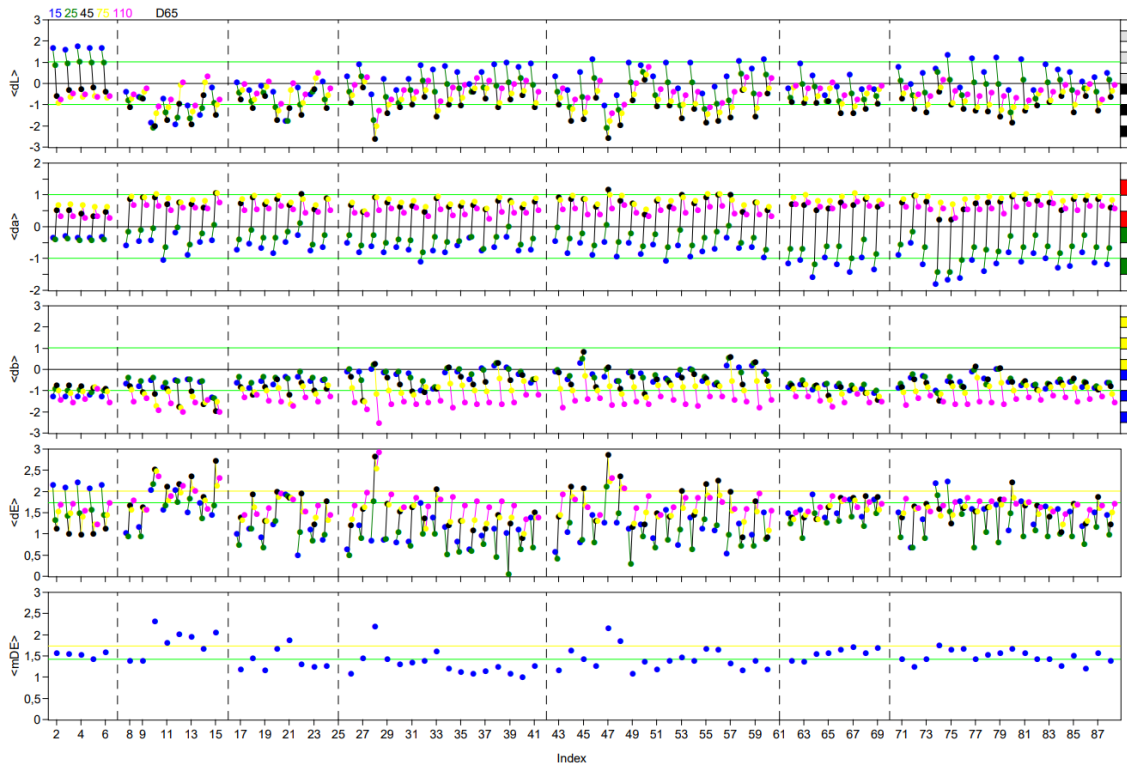


Figura A.34 - Gráficos das coordenadas CIELab para a seleção da cor de estudo. Parte 34 de 34

A figura A.34 representa uma cor acromática, uma vez que utiliza o sistema *CIELab*.

Pela observação da coordenada de cor L^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 25° e 45° tendem para o escuro e a cor no ângulo de observação de 15° tende para o claro.

Pela observação da coordenada de cor a^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada. A cor nos ângulos de observação de 15° e 25° tendem para o verde e a cor nos ângulos de observação de 75° e 110° tendem para o vermelho.

Pela observação da coordenada de cor b^* , verifica-se que a cor dos para-choques encontra-se centrada com tendência para o azul.



2022

GUILHERME REIS

ESTUDO E ANÁLISE DA TENDÊNCIA DA COR DO LOTE COM A COR NA APLICAÇÃO DA TINTA

