

Relatório de Dados de Distância e Luminância no Espaço de Cores RGB

João Alberto de Carvalho Moreira

1 Introdução

Muitas vezes, intuitivamente, numa miríade de contextos, quando nos deparamos com formas que exprimem os conceitos de "luminosidade", "claridade" ou "brilho", as apreendemos como a qualidade de "proximidade" relativa ao branco. De fato, é natural que tais vocábulos levem-nos à cor branca; assim está na poesia e na percepção individual. No entanto, da mesma sorte que decorre com uma grande quantidade de conhecimentos oriundos da intuição, a ideia apreendida é quase desprovida de esteios rigorosos. Ainda assim, é válido sondar possíveis relações.

Observa-se que a ideia de proximidade impõe distância, donde basta escolher uma métrica adequada para fundamentá-la. Disso, há de se falar acerca da distância entre cores, o que implica discutir o espaço de cores sobre o qual dela tratamos. A própria ideia de luminosidade dispõe de uma definição formal, que tem de ser versada e anteposta para que se conduza uma exploração concernente à questão proposta sobre a associação mencionada.

Em última análise, tem-se que, notadamente, a intuição nos leva a criar correspondências entre quês desprovidos de qualquer aparente ligação, e daí decorre que relegamos tais associações ao plano da ingenuidade, como se não fossem dignas de análise. O presente trabalho toma-se do ofício de fazer o contrário: procura-se uma correspondência entre a distância Canberra de cores ao branco e a luminância relativa destas. As cores, por sua vez, foram retiradas de uma amostra de 45 imagens, que foi passada por um algoritmo – em Python – de extração e tratamento de dados.

2 Sobre o conjunto de imagens analisado

O questionamento acerca da motivação por trás da associação intuitiva entre proximidade relativa à cor branca e a luminância, que erige-se naturalmente a partir da experiência individual e da percepção, levou à seleção de um conjunto de imagens específico que bem representa a variabilidade inerente às percepções individuais. Assim, em lugar de comparar os dados de distância relativa ao branco e de luminância de um universo de cores sem ligação imediata, resolveu-se explorar tais métricas no contexto artístico.

Todas as imagens foram obtidas no site da *Web Gallery of Art*, que consta de uma *database* com mais de 52.000 imagens, variantes em gênero, estilo, autor, época, etc. Para esse trabalho, a escolha cingiu-se à pinturas da modalidade *Oil on Canvas*, do tipo *Still-life* (Natureza-morta).

2.1 Agrupamento e classificação de imagens

No total, foram coletadas 45 imagens no formato JPG, que foram, posteriormente, separadas em 3 subgrupos determinados por intervalos de tempo em anos: 1601 a 1650, 1701 a 1750 e 1851 a 1900. Cada subgrupo consiste em 5 obras de 3 artistas distintos. Os artistas escolhidos variam, também, em nacionalidade: nenhum par de artistas de um mesmo período é de igual país de origem.

Tabela 1 – Artistas representantes de cada subgrupo

Grupo	Período	Artista	Naturalidade
1	1601-1650	LINARD, Jacques	French
1	1601-1650	HAMEN, Juan van der	Spanish
1	1601-1650	HEDA, Willem Claesz.	Dutch
2	1701-1750	CHARDIN, Jean-Baptiste-Siméon	French
2	1701-1750	RUYSCH, Rachel	Dutch
2	1701-1750	VERBRUGGEN, Gaspar Peeter the Younger	Flemish
3	1851-1900	MONET, Claude	French
3	1851-1900	GOGH, Vincent van	Dutch
3	1851-1900	MANET, Edouard	French

Fonte: Web Gallery of Art (2024).

A nomenclatura referente a cada arquivo de imagem foi normalizada para o padrão “grupo_SOBRENOME_obra”, onde “grupo” refere-se ao grupo de período, “SOBRENOME” é o sobrenome do artista e “obra” é o título da pintura.

3 Do espaço de cores e métrica de distância

A métrica de distância e o espaço de cores estão inelutavelmente ligados. Desse modo, a escolha entre as numerosas medidas de distância deve ser criteriosa em respeito ao espaço no qual se toma as cores. Não obstante, métricas de distância entre cores podem ser adaptadas para qualquer espaço de cores.

Entende-se, por espaço de cores, o esquema e notação usados para representar as cores percebidas. Existem diversos espaços, todos com características e organizações diferentes, como dependência (ou independência) de dispositivo e uniformidade perceptual. Entre os espaços que dispõem de uniformidade perceptual estão o espaço CIE XYZ, Lab e Luv. Por outro lado, espaços como o RGB não gozam dessas propriedades; “Another problem is the perceptual non-uniformity, i.e the low correlation between the perceived difference of two colours and the Euclidian distance in the RGB space.” (TKALČIČ, TASIČ, s.d). No entanto, existem métodos para atingir, em espaços dessa sorte, a linearidade e a uniformidade.

3.1 O espaço RGB de cores e a distância Canberra

Ainda que, para fins de segmentação, outros espaços de cor sejam preferíveis pela sua uniformidade perceptual, escolheu-se, para o presente fim, o espaço RGB. Ademais, nota-se que, nesse espaço, tomada uma distância não convencional, diferente da Euclidiana, é possível obter resultados satisfatórios:

The distance metrics squared chords, Canberra, Queenwise and Minkowsky 5 (p=5) give better results in RGB space. Considering the sample of images on wish [sic] we work, Lab color space is not always the better color space for image segmentation. Better results are obtained in RGB color space with some distance metrics different from Euclidian distance. (MAHAMA, DOSSA, GOUTON, 2016, p. 3).

Assim, em conjunto com esse espaço, selecionou-se a métrica da distância Canberra, cuja definição é dada pela equação seguinte. Glosa-se que, para o caso em que o denominador é zero, a distância será 0; além disso, todos os valores obtidos foram arredondados para 4 lugares decimais.

$$d(X, Y) = \sum_{i=1}^3 \frac{|X_i - Y_i|}{|X_i + Y_i|}$$

Equação 1: distância de Canberra

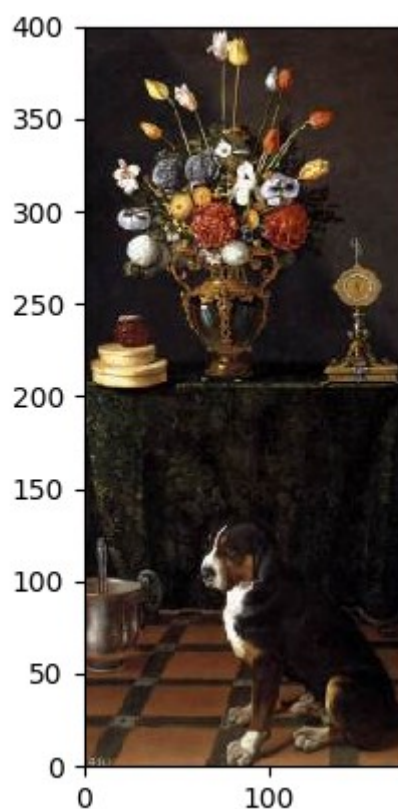
No espaço escolhido, cada cor é representada por uma tripla ordenada de valores inteiros restringidos ao intervalo [0, 255]. Sugerido pelo nome (RGB), o modelo dá as

quantidades de vermelho (*red*), verde (*green*) e azul (*blue*) de um *pixel*, caracterizando sua cor de sorte aditiva.

3.2 Segmentação e extração de dados de distância

Selecionada a métrica de distância, fez-se a segmentação das cores no espaço mediante a determinação de classes de distância em relação a uma base – que, nesse estudo, será fixada como (255, 255, 255), *id est*, a cor branca. Além disso, usou-se o parâmetro *tolerância*, a fim de regular, em função deste, o tamanho das classes encontradas. Sendo a tolerância algum épsilon arbitrário maior que zero, tomando o conjunto de cores postas em ordem crescente, de acordo com suas distâncias da base, iterou-se sobre ele, aplicando cortes por épsilon-aproximações da soma da menor distância com a tolerância dada. Em outras palavras, as distâncias mínimas de cada intervalo determinado pela tolerância representam a classe de distância desse intervalo. Vejamos, por exemplo, com uma tolerância de 0.05, as classes de distância existentes para o arquivo *HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog.jpg*:

Pintura 1 – *Still Life With Flowers and a Dog* (HAMEN, Juan van der, 1600 circa)



Fonte: Web Gallery of Art (2024).

Tabela 2 – Classes de distância relativas à pintura 1

Identificador	Classes de distância	Comprimento da classe
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.002	124
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.0522	143
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.1023	134
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.1528	167
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.2032	165
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.2539	146
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.3041	141
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.3541	152
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.4044	134
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.4544	150
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.5045	149
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.5545	146
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.6046	161
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.6547	162
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.705	169
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.7552	152
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.8054	204
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.8555	209
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.9056	212
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	0.9556	198
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.0057	239
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.0558	291
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.1059	279
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.156	330
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.2062	399
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.2562	384
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.3063	479
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.3563	449
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.4063	424
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.4565	471
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.5067	505
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.5568	513
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.6068	556
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.6568	537
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.7069	581
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.757	638
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.807	661
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.857	680
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.907	662

Identificador	Classes de distância	Comprimento da classe
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	1.957	643
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.007	651
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.0571	709
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.1072	676
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.1573	707
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.2074	692
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.2574	634
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.3075	612
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.3576	611
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.4077	550
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.4579	530
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.5081	461
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.5582	428
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.6085	372
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.6587	306
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.709	254
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.7592	234
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.8102	181
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.8603	150
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.915	101
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	2.9689	21

Fonte: Autor

Por primazia, nota-se a variação épsilon entre as distâncias representantes de cada classe na segunda coluna; à direita, figura a coluna referente ao comprimento, ou tamanho das classes, isto é, o número de cores únicas presentes nos intervalos de distância. É importante ressaltar a unicidade das cores em cada classe, que foi preservada no que removeu-se todas as reincidências de uma cor já presente numa classe qualquer. Justifica-se tal restrição pelo objetivo de análise de distribuição das cores entre as classes: caso assim não fosse, não necessariamente classes maiores seriam de maior número de cores únicas. Dada essa restrição, na tabela 2, por exemplo, tem-se que as três maiores classes de distância são 2.0571, 2.1573 e 2.2074.

Finalmente, temos que as distâncias expostas na tabela 2 cingem-se ao intervalo $[0, 3]$. De fato, mostra-se que toda distância Canberra estará dentro desse intervalo:

Seja $B = (255, 255, 255)$ a base dada.

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^3 \frac{|255 - A_i|}{|255 + A_i|}$$

Equação 2: distância Canberra de uma cor relativa à base

Se $C_1 = (255, 255, 255)$, então a distância $d(B, C_1) = 0$. Se $C_2 = (0, 0, 0)$, teremos $d(B, C_2) = 3$. Para qualquer outro C_k entre essas cores, vê-se facilmente que $d(B, C_k)$ estará entre 0 e 3.

Durante a etapa de determinação de classes de distância, houve maior variabilidade de resultados com o uso da distância Canberra. Pelo contrário, quando realizaram-se testes com métricas diferentes, como a distância Euclidiana e a Manhattan, a variação entre as distâncias mensuradas foi menor. Sugere-se uma sondagem comparativa mais criteriosa quanto à aplicação dessas métricas a fins semelhantes de classificação.

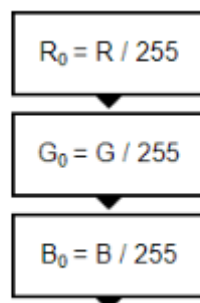
4 Da luminância

“The relative brightness of any point in a colorspace, normalized to 0 for darkest black and 1 for lightest white” (Web Content Accessibility Guidelines, 2021) é como está definida a luminância relativa de uma cor – ou, apenas, luminância. Tratar do conceito de luminância, em qualquer espaço de cor, impõe determinar, precisamente, os extremos do intervalo $[0,1]$ para o qual está normalizada tal métrica. No espaço RGB, em particular, tem-se que $(255, 255, 255)$ corresponde à cor de maior luminância, enquanto $(0, 0, 0)$ à cor de luminância mínima.

4.1 Cálculo de luminância de uma cor

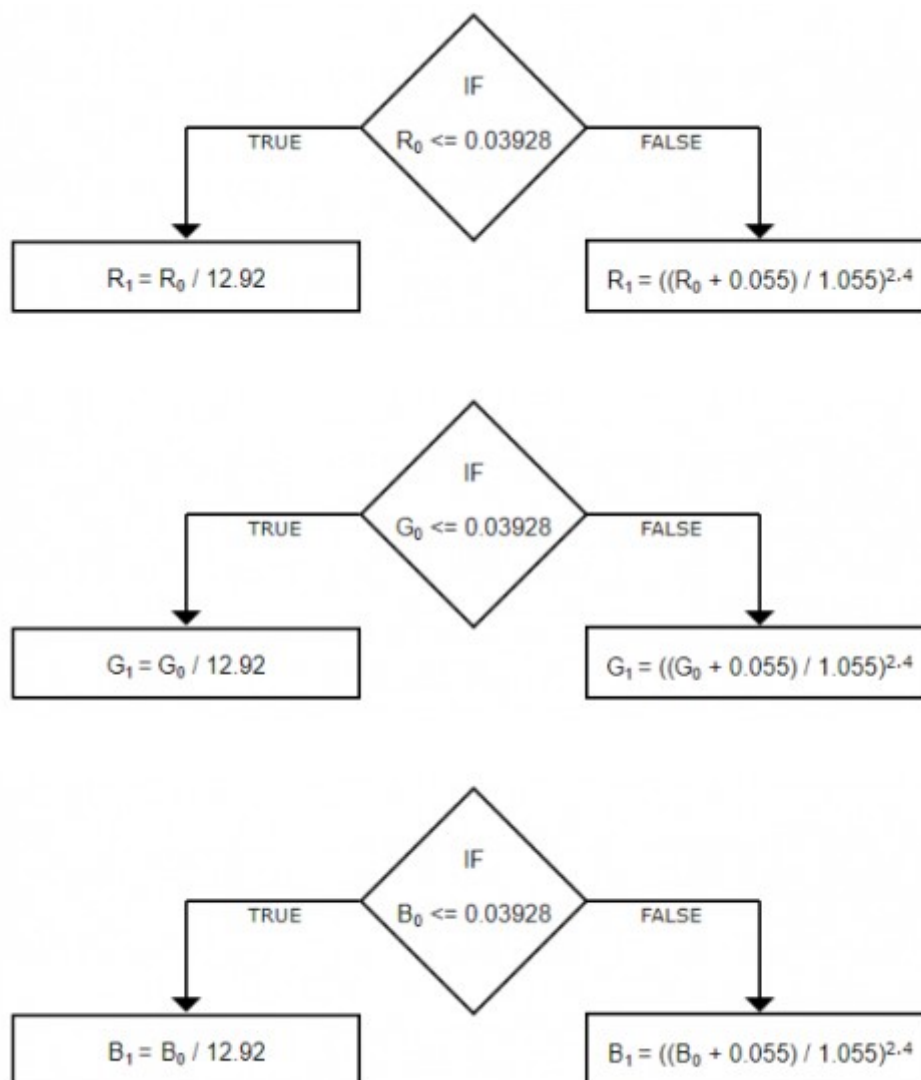
O processo de calcular a luminância relativa de uma cor $C = (R_0, G_0, B_0)$ no espaço RGB consiste em três etapas explicitadas na WCAG. Primeiro, normaliza-se os valores para o intervalo $[0,1]$ (figura 1). Após, aplica-se a correção gama (figura 2), que é um ajuste aplicado aos *pixels* para padronizar a exibição entre dispositivos diferentes. Ao fim, calcula-se a luminância usando as constantes de peso 0.2126, 0.7152 e 0.0722 aplicadas aos valores vermelho, verde e azul, respectivamente (figura 3). Essas constantes existem para padronizar a exibição das cores de acordo com a sensibilidade do olho humano.

Figura 1 – Redução dos valores ao intervalo $[0,1]$.



Fonte: <https://www.101computing.net/colour-luminance-and-contrast-ratio/>

Figura 2 – Fluxograma da correção gama.



Fonte: <https://www.101computing.net/colour-luminance-and-contrast-ratio/>

Figura 3 – Fórmula para cálculo de luminância

$$L = (0.2126 \times R_1) + (0.7152 \times G_1) + (0.0722 \times B_1)$$

Fonte: <https://www.101computing.net/colour-luminance-and-contrast-ratio/>

5 Organização e preparação dos dados

O algoritmo utilizado para a extração dos dados de distância e de luminância retornou, para cada imagem, dois arquivos no padrão CSV acerca dos dados de luminância e de distância, nomeados à forma *luminance_data_nome pintura.csv* e *distance_data_nome pintura.csv*. Sendo assim, pelo total de 45 imagens, temos 90 arquivos gerados no total. Ainda, após toda iteração sobre cada grupo de imagens, um arquivo de catalogação relativo ao grupo foi atualizado para constar do número de classes de distância, classes de luminância, título e tolerância utilizada do arquivo de imagem analisado. Por isso precisou-se, antes de se conduzir a análise exploratória, criar elos entre todos os dados obtidos.

Primeiramente, todas as entradas dos arquivos do tipo *luminance_data.csv* e *distance_data.csv* foram, respectivamente, colocados nos arquivos *general_luminance_data.csv* e *general_distance_data.csv*; nesses arquivos, há uma variável em comum: “group_and_title”, que dá o grupo e o título de cada obra.

Quanto aos arquivos de catalogação, tem-se três da sorte *group_data.csv*, distribuídos por grupo, e um nomeado *painting_data.csv*, que nos diz sobre todas as 45 pinturas selecionadas. Novamente, unindo todos dados referentes aos grupos, criou-se o arquivo *general_group_data.csv*. Para o último, a variável comum entre os arquivos gerais de distância e de luminância está presente. Destarte, bastou padronizar a variável “title” no arquivo *painting_data.csv* para seguir o mesmo paradigma *group_and_title*.

Finalmente, possuímos quatro tabulações: *general_group_data*, *painting_data*, *general_distance_data* e *general_luminance_data*, todas relacionadas pela variável *group_and_title*, donde a análise associativa dos dados tornou-se exequível.

7 Análise e visualização dos dados

A indagação que impele o presente estudo é acerca da possível relação entre a distância de uma cor ao branco e sua luminância relativa. Pressupõe-se, *a priori*, que a relação deve ser negativa, ou seja, a distância deve aumentar à medida que a luminância diminui (e vice-versa).

7.1 Acerca da correlação explorada

Inicialmente, verificou-se a distribuição das classes de distância e de luminância, no escopo de cada imagem, de cada grupo e da amostra total das 45 imagens.

Tabela 3 – Dados de quantidade de classes por imagem

Identificador	N. de classes de distância	N. de classes de luminância
group1_HAMEN_serving_table_01	59	20
group1_HAMEN_serving_table_02	60	20
group1_HAMEN_still-life	59	19
group1_HAMEN_still_life_with_a_puppy	60	20
group1_HAMEN_still_life_with_flowers_and_a_dog	60	20
group1_HEDA_breakfast_of_crab	59	20
group1_HEDA_still-life_01	59	20
group1_HEDA_still-life_02	60	20
group1_HEDA_still-life_with_ham_bread_and_precious_vessels	60	20
group1_HEDA_still-life_with_pie_silver_ewer_and_crab	60	20
group1_LINARD_basket_of_flowers	60	20
group1_LINARD_bouquet_on_wooden_box	60	20
group1_LINARD_chinese_bowl_with_lowers	60	20
group1_LINARD_the_five_senses	60	20
group1_LINARD_the_five_senses_and_the_four_elements	60	20
group2_CHARDIN_a_vase_of_flowers	60	20
group2_CHARDIN_still-life_with_a_white_mug	54	14
group2_CHARDIN_the_attributes_of_art	58	18
group2_CHARDIN_the_buffet	57	17
group2_CHARDIN_the_ray	60	20
group2_RUYSCH_bouquet_in_a_glass_vase	60	20
group2_RUYSCH_bouquet_of_flowers_in_a_vase	60	20
group2_RUYSCH_flowers_fruit_and_insects	57	17
group2_RUYSCH_flowers_on_a_tree_trunk	60	20
group2_RUYSCH_still-life	59	20
group2_VERBRUGGEN_cartouche_with_flowers	59	20

Identificador	N. de classes de distância	N. de classes de luminância
group2_VERBRUGGEN_flower_piece	60	20
group2_VERBRUGGEN_garland_of_flowers	60	20
group2_VERBRUGGEN_still-life	58	19
group2_VERBRUGGEN_still-life_of_flowers_in_a_stone_urn_with_a_parrot	59	20
group3_GOGH_a_pair_of_leather_clogs	56	15
group3_GOGH_blossoming_almond_branch_in_a_glass	60	20
group3_GOGH_still-life_with_lemons_on_a_plate	60	20
group3_GOGH_vase_with_fourteen_sunflowers	59	20
group3_GOGH_vase_with_red_poppies	60	20
group3_MANET_branch_of_white_peonies_and_secateurs	60	20
group3_MANET_bunch_of_violets	60	20
group3_MANET_bundle_of_asparagus	60	20
group3_MANET_still-life	60	20
group3_MANET_still-life_with_fish	60	20
group3_MONET_bouquet_of_flowers	60	20
group3_MONET_bouquet_of_sunflowers	60	20
group3_MONET_jerusalem_artichoke_flowers	60	20
group3_MONET_still-life_with_melon	60	20
group3_MONET_still-life_with_pears_and_grapes	60	20

Fonte: autor

Quanto às imagens individuais, percebe-se uma uniformidade geral nos números de classes determinadas. Essa uniformidade é acompanhada por uma correspondência aproximada de 1/3, quase invariável, entre o número de classes de distância e de luminância, ignorando-se alguns casos de exceção.

Tabela 4 – Dados de distribuição de classes de luminância

Grupo	N. total de classes de luminância	N. de classes únicas de luminância
Grupo 1	299	85
Grupo 2	285	105
Grupo 3	295	79
Amostra (todos)	879	158

Fonte: autor.

Tabela 5 – Dados de distribuição de classes de distância

Grupo	N. total de classes de distância	N. de classes únicas de distância
Grupo 1	896	723
Grupo 2	881	782
Grupo 3	895	694
Amostra (todos)	2672	1775

Fonte: autor.

Nota-se, nas tabelas 4 e 5, uma consistência nos valores totais de classes entre os grupos; vê-se que o número total de classes de luminância, em cada grupo, varia entre 280 e 300, enquanto os números de classes de distância figuram entre 880 e 900. Não obstante, há uma variação maior nas quantidades de classes únicas, tanto de distância quanto de luminância. Dada a tolerância épsilon dada (0.05), que foi aplicada na determinação de ambos os tipos de classes, a consistência supracitada sugere uma ligação entre a luminância e a distância de uma cor. Ver-se-á, ainda, que o número de classes, das duas sortes, será em função da tolerância escolhida. Para a variação de classes únicas citada anteriormente, no entanto, há diversos fatores que podem, possivelmente, influenciá-la. Vejamos, daí, as dimensões médias de cada grupo:

Tabela 6 – Dados de dimensão das imagens

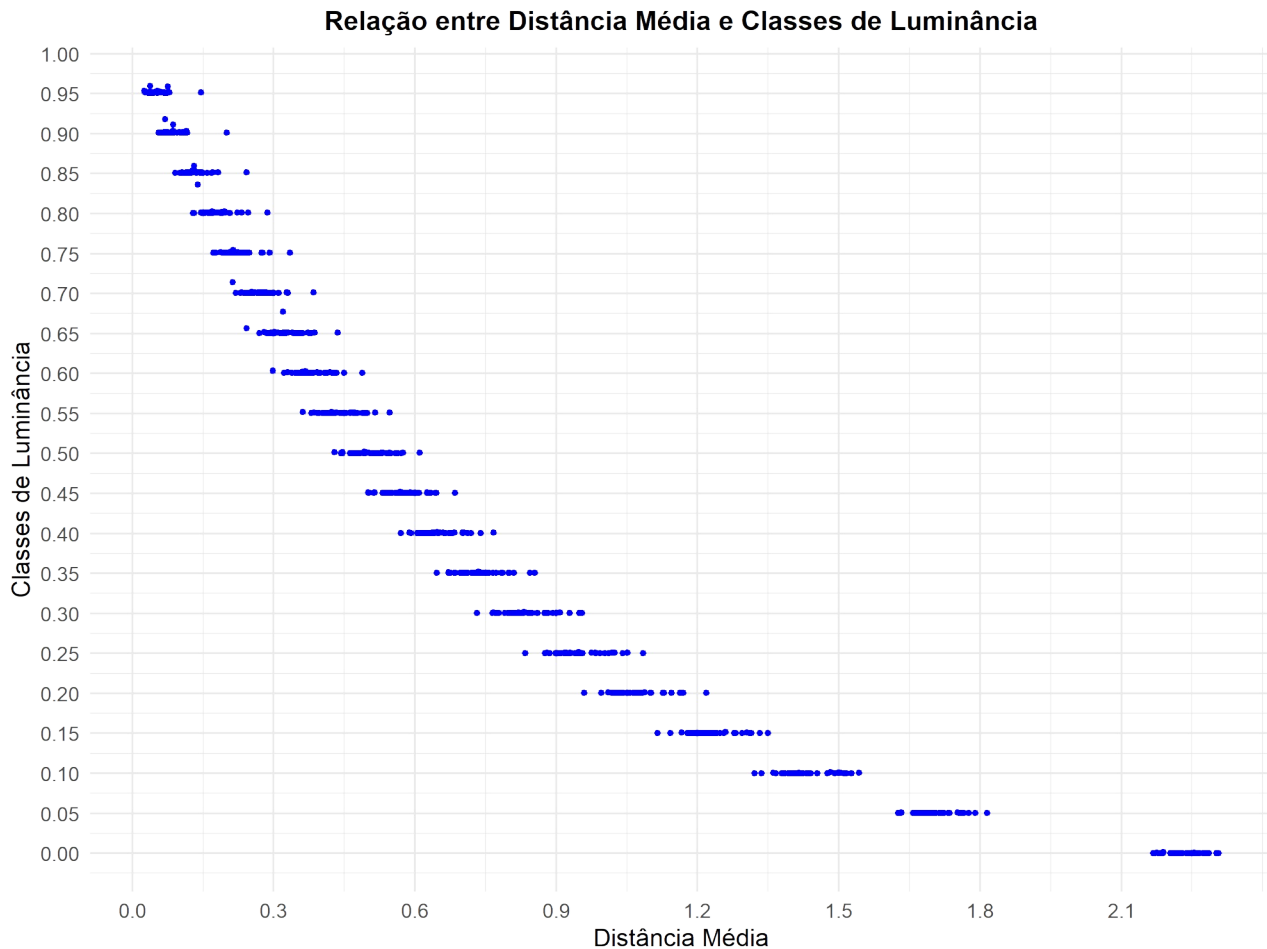
Grupo	Altura média	Comprimento médio
Grupo 1	90.53	89.13
Grupo 2	81.87	80.27
Grupo 3	57.8	62.73
Amostra (todos)	76.73	77.38

Fonte: autor.

Percebe-se que não há uma correlação imediata entre as dimensões das imagens no grupo e seu número de classes únicas de luminância e de distância. Entretanto, é possível que, numa análise mais rigorosa, encontre-se uma relação entre esses dados em função de dados de variação de cor, de estilo, etc. Por fim, observa-se que, o *ranking* do número de classes únicas entre os grupos é constante para a luminância e a distância.

A sugestão de uma correlação entre o número de classes de distância e de luminância dá motivação para a análise seguinte.

Gráfico 1 – Relação entre distância média e classes de luminância



Fonte: autor; construção feita no ambiente RStudio.

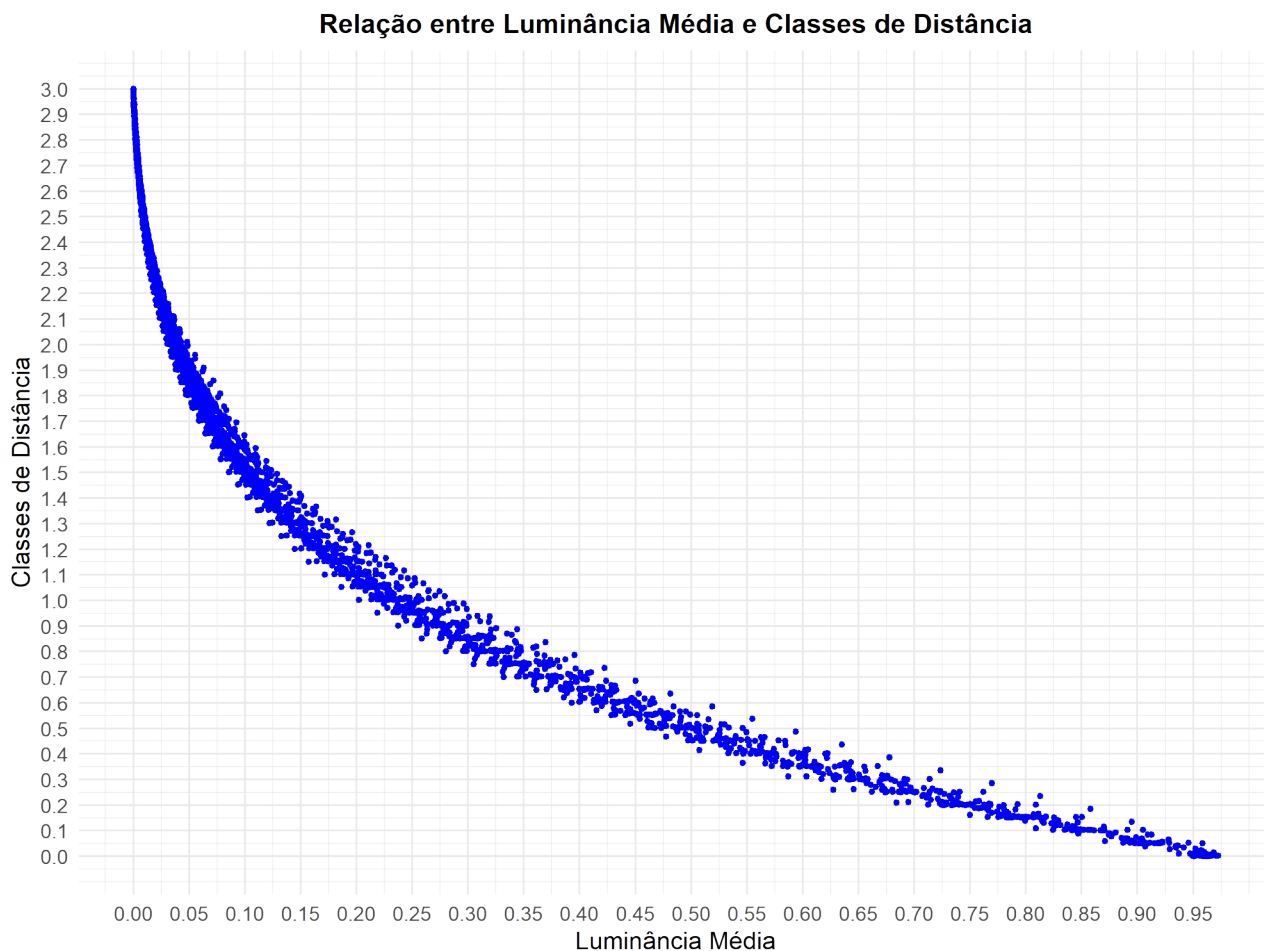
Por distância média, significa-se a média das distâncias das cores presentes em cada classe de luminância. É nítido que essa média depende do tamanho da classe de luminância correspondente a ela. Novamente, a tolerância épsilon escolhida dará disposições diferentes.

No primeiro gráfico de dispersão (1), observa-se alguns aspectos. As classes de luminância decaem em valor ao que aumenta a distância média, o que indica uma correlação negativa. Além disso, a separação dos dados de distância média se dá em intervalos correspondentes à classes de luminância específicas, o que demonstra os dados da variável “distance_class_span”. Nisso, tal variável também mostra uma relação de intersecção entre os *spans* de classes de distância de cada classe de luminância, que figura, também, no gráfico. Acima disso, o gráfico é monótono e não linear. Pela última observação, realizou-se o cálculo da Correlação de Spearman para analisar a relação entre distância média e classe de luminância. Encontrou-se uma forte correlação negativa entre as variáveis, com $r = -0.9948791$, $p < 2.2e-16$. Por fim, nota-se que se trata de uma

aproximação, visto que há repetições nos dados. Mesmo assim, esses valores sugerem uma forte correlação entre as variáveis.

Uma análise semelhante foi conduzida com relação aos dados de luminância média e de classes de distância.

Gráfico 2 – Relação entre luminância média e classes de distância



Fonte: autor; construção feita no ambiente RStudio.

Novamente, a relação não figura linear, e indica uma correlação negativa entre as variáveis. Foi computado o mesmo cálculo de correlação anterior, donde obteve-se uma forte correlação negativa, corroborando o que se apreende do gráfico, com $r = -0.9989378$ e $p < 2.2e-16$, ainda com valores repetidos, sendo uma aproximação.

6 Conclusão

Destarte, nota-se que existe uma forte correlação entre a distância Canberra ao branco de uma cor e sua luminância relativa, tomadas as cores estudadas a partir do conjunto de imagens selecionado. Explorar a forma como se dá essa correlação é pertinente, porquanto há aplicações profusas, como a segmentação de cores. Propõe-se uma análise semelhante acerca de conjuntos maiores e mais variados de imagens, de forma parametrizada, a fim de obter resultados mais precisos e tornar cabível uma generalização dos resultados encontrados nesse estudo.