

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Análise da coloração das flores de *Cyrtopodium paludicum* (Orchidaceae) e de seus possíveis modelos miméticos

Júlia Castro Lima Dias

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

Uberlândia MG
Julho – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Análise da coloração das flores de *Cyrtopodium paludicolum* (Orchidaceae) e de seus possíveis modelos miméticos

Júlia Castro Lima Dias

Orientador: Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Uberlândia, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Uberlândia MG
Julho - 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Análise da coloração das flores de *Cyrtopodium paludicolum* (Orchidaceae) e de seus possíveis modelos miméticos

Júlia Castro Lima Dias

Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira
INBIO-UFU

Homologado pela coordenação do curso de
Ciências Biológicas em __/__/__

Coordenadora: Celine de Melo

Uberlândia MG
Julho – 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Análise da coloração das flores de *Cyrtopodium paludicolum* (Orchidaceae) e de seus possíveis modelos miméticos

Júlia Castro Lima Dias

Aprovado pela banca examinadora em / / Nota:

Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira

Uberlândia, de de

Dedico este estudo aos meus pais que com
muito apoio e amor não mediram
esforços para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares e meu namorado e principalmente meus pais, que sempre me incentivaram a lutar pelos meus sonhos e acreditaram no meu potencial.

Aos meus professores que fizeram despertar minha paixão pela biologia e aos que fizeram essa paixão aumentar ao longo da graduação.

Aos meus amigos, pelo incentivo, ajuda e compreensão.

Ao Prof. Dr. Paulo Eugenio Alves Macedo de Oliveira pela confiança, apoio, motivação e orientação, sempre disposto a ajudar.

Ao Prof. Dr. Vinicius Lourenço Garcia de Brito pela amizade e ajuda que foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho, pela parceria nos campos, e por toda paciência e dedicação.

Ao João Custódio pela amizade e toda a ajuda durante o desenvolvimento deste estudo.

Ao Rubens Teixeira Queiroz pela identificação das espécies deste trabalho.

Aos diretores do CCPIU, por disponibilizar a área de estudo.

Eternamente grata!

RESUMO

Plantas com flores que não possuem recursos apresentam diferentes maneiras de enganar seus polinizadores, como por exemplo, mimetizar flores que co-ocorrem que possuem recursos, e assim conseguem ser polinizadas. Esse tipo de mimetismo é chamado de mimetismo batesiano e diversas características precisam ser levadas em consideração para confirmar sua ocorrência. Uma delas é a semelhança entre as cores das espécies analisadas. Este estudo buscou analisar a coloração das flores de *Cyrtopodium paludicolum*, uma orquídea polinizada por engano, e de *Senna velutina* e *Crotalaria micans*, seus possíveis modelos. Nosso intuito é saber se essas flores possuem cores semelhantes e se a relação entre essas espécies pode ser considerada um caso de mimetismo batesiano no componente cor. Para isso o espectro de reflectância das flores foram coletados e utilizados em um modelo baseado na sensibilidade espectral de *Apis mellifera*. Os resultados mostraram que a coloração destas espécies não é semelhante e que as abelhas conseguem discriminá-las, não se encaixando num caso de mimetismo batesiano.

Palavras-chave: Orquídea; mimetismo; polinização; coloração.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos	4
2.MATERIAIS E MÉTODOS	4
2.1 Área de estudo	4
2.2 Espécies estudadas	5
2.3 Coleta dos dados	7
2.4 Análise dos dados	8
3.RESULTADOS	9
4.DISSCUSSÃO.....	13
5.CONCLUSÃO	14
6.REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico básico importante para a manutenção da biodiversidade e fundamental para reprodução sexuada e fertilização das plantas que dependem desse evento (Rech *et al.*, 2014). Essa interação pode ocorrer por meio de vetores bióticos como abelhas, borboletas, vespas, besouros, aves e morcegos ou por vetores abióticos como o vento e a chuva. Geralmente, plantas que dependem de vetores bióticos para serem polinizadas oferecem recursos florais como pólen, néctar, óleos e resinas e estabelecem uma interação mutualística com seus visitantes que vão à busca principalmente de alimento ou materiais para a construção de ninhos (Agostini, Machado e Lopes., 2014).

Nesse sentido, algumas flores utilizam atrativos para sinalizar aos visitantes a presença de algum recurso e para indicar a localização das estruturas reprodutivas, isso possibilita que determinadas plantas atraiam mais visitantes do que outras (Rech, *et al.*, 2014). As formas mais comuns de sinalização são a coloração e os perfumes florais, além do tamanho e a forma da flor (Goulson, 1999; 2000; Gegeer e Lavery, 2001). Sabe-se que muitas flores apresentam coloração que reflete o ultravioleta (Land e Nilsson, 2002), faixa que não está presente no espectro visível dos humanos, mas que é reconhecida por diversos polinizadores (Land e Nilsson, 2002). Essa característica pode ser muito importante para indicar onde estão localizados os recursos na flor, como por exemplo, os guias de néctar (Heuschen *et al.*, 2005; Lunau *et al.*, 2009; Owen e Bradshaw, 2011; Hansen *et al.*, 2012).

Apesar de muitas espécies sinalizarem honestamente a presença de recursos, algumas enganam os visitantes ao apresentarem atrativos e sinais e não possuem de fato nenhum recurso pelo qual seus visitantes se interessariam (Pinheiro, 2014). A este fenômeno dá-se o nome de polinização por engodo, uma vez que nessa relação a planta engana o agente polinizador que acaba realizando a transferência de pólen de uma flor para outra, sem receber nenhum benefício (Renner, 2006; van der Pijl e Dodson 1966). A polinização por engodo está

presente em várias famílias de angiospermas, ocorrendo em cerca de 7500 espécies, enfatizando que esta possa ser uma importante estratégia evolutiva (Cozzolino & Widmer, 2005). Essa sinalização desonesta ocorre principalmente em plantas que são polinizadas por insetos, sendo as abelhas os polinizadores mais comuns (Van der Pijl & Dodson, 1966; Dressler, 1990; Renner, 2006; Schiestl, 2005).

As plantas apresentam diversas estratégias para enganar um polinizador e assim conseguirem ser polinizadas, como simular um local de abrigo, ou a presença de um parceiro sexual, ou ainda a presença de um recurso alimentar, sendo esta última a mais frequente entre as plantas que são polinizadas por engodo (Jersáková *et al.*, 2009). Algumas dessas espécies que simulam a presença de um recurso alimentar possuem flores que mimetizam as flores de espécies que apresentam tal recurso verdadeiramente (chamadas de espécies modelo). Esse tipo de mimetismo é denominado mimetismo batesiano, onde uma espécie expressa características morfológicas semelhantes a uma ou mais espécies simpátricas, favorecendo seu sucesso reprodutivo. Para se confirmar um caso de mimetismo batesiano algumas características precisam ser analisadas, por exemplo, se as espécies estudadas são encontradas no mesmo local, se a floração ocorre na mesma época, se a espécie mímica aumenta seu sucesso reprodutivo quando está próxima da espécie modelo e se a coloração das flores é semelhante a ponto do polinizador não conseguir diferenciar entre as espécies (Dafni 1984; Johnson, 1994; Roy e Widmer, 1999).

O mimetismo floral e a polinização por engodo são dois eventos muito conhecidos e estudados na família Orchidaceae. Acredita-se que um terço das espécies dessa família não apresenta recursos florais (Cozzolino & Widmer, 2005; Jersáková *et al.*, 2006). Mais ainda, estudos indicam que alguns gêneros dessa família são exclusivamente polinizados por engodo como o gênero *Cyrtopodium* (Pansarin *et al.*, 2008; Dutra *et al.*, 2009). Esse gênero possui

cerca de 50 espécies distribuídas ao longo do continente Americano, onde 39 dessas espécies ocorrem no Brasil, com grande diversidade no Cerrado (Batista e Bianchetti, 2004).

Entre as orquídeas, em quase 90% das espécies a polinização por engodo ocorre de forma generalista, ou seja, a morfologia, cor e sinais visuais das flores se assemelham a de várias outras espécies que possuem recompensa (e não a modelos miméticos específicos) e que são polinizadas pelos mesmos polinizadores (Jersáková *et al.*, 2006). Essa forma de enganar os polinizadores está relacionada com a estimulação de preferências inatas, onde as plantas exploram os sistemas sensoriais de seus visitantes emitindo sinais que já são preferidos por eles (Schaefer e Ruxton, 2009). Em contrapartida, outros trabalhos sugerem que algumas espécies de orquídea se enquadram de fato no modelo de mimetismo batesiano (Jersáková *et al.* 2012; Newman *et al.* 2012, Dafni e Calder, 1986; Johnson 2000, Cozzolino e Widmer; 2005).

Dentre essas espécies, a biologia reprodutiva de *Cyrtopodium polyphyllum* é muito estudada. Trabalhos realizados com essa planta sugeriram a ocorrência de mimetismo batesiano com esta espécie sendo a mímica e *Crotalaria vitelina* (Fabaceae) e *Stigmaphyllon arenicola* (Malpighiaceae) as espécies modelos (Pansarin *et al.*, 2008). As espécies costumam ocorrer juntas e possuem flores com coloração amarela e tamanhos semelhantes e durante as observações desse estudo foi possível identificar as abelhas da tribo Centridini como um polinizador em comum para as três espécies, todas essas características indicariam a possibilidade de um caso de mimetismo batesiano.

Assim como esse estudo, muitos outros apenas sugerem a ocorrência de mimetismo batesiano em plantas, porém poucos realizam experimentos que comprovem essa ideia. Sabendo que a cor é uma característica importante nesses casos (Renner, 2006; Kunze e Gumbert, 2001; Chittka e Raine, 2006), testar a semelhança entre a coloração das flores de uma espécie mímica e seu modelo, pode ser uma das formas de evidenciar a ocorrência de

mimetismo batesiano em determinado caso. No entanto, em estudos em que se investiga a cor de um objeto, nesse caso a flor, deve levar-se em consideração o espectro de visão dos indivíduos que se relacionam com ela.

Diante disso, o uso da espectrofotometria e de modelos de visão em cores é extremamente importante nesses casos, permitindo identificar e quantificar o espectro de reflectância das flores estudadas mesmo na faixa do ultravioleta. Desse modo é possível entender qual a cor realmente percebida pelo polinizador (Campbell *et al.*, 2012), e inferir se existem semelhanças ou não entre a coloração de uma espécie mímica e seus modelos.

1.1 Objetivos

Este estudo teve como objetivo analisar se a coloração das flores de *Cyrtopodium paludicum* é semelhante à cor de seus possíveis modelos. As flores de *Senna velutina* (Fabaceae) e de *Crotalaria micans* (Fabaceae) foram consideradas como possíveis modelos para realização das análises por possuírem flores com coloração similar as de *C. paludicum*, além de ocorrerem no mesmo local, florescerem no mesmo período e possuírem abelhas como polinizadores em comum (Cardoso, observação pessoal).

Com base nisso a hipótese levantada é que a coloração das flores de *C. paludicum* seja semelhante à coloração dos seus modelos, o que pode ser um fator determinante para confirmar a presença de um caso de mimetismo batesiano.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O estudo de campo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural do clube Caça e Pesca Itororó de Uberlândia (CCPIU), Uberlândia, Minas Gerais. A área está

compreendida no bioma Cerrado, e as populações ocorrem em veredas, uma das fitofisionomias do cerrado. O local possui duas estações bem definidas, uma seca, de maio a setembro, e uma chuvosa, de outubro a abril, com média anual de precipitação de 1550 mm e temperatura de 22° C (Arruda *et al.*, 2006).

2.2 Espécies estudadas

Cyrtopodium paludicolum, é uma espécie da família Orchidaceae, que floresce entre fevereiro e abril, possui inflorescência do tipo racemo e suas flores são amarelas com o centro do labelo avermelhado, podendo ser encontradas manchas vermelhas por toda a flor (Figura 1). Suas pétalas e sépalas são obovadas, porém, as sépalas possuem ondulações nas margens (Maciel, 2016). É uma espécie de habitat terrestre, encontrada em veredas do Sudeste e Centro-Oeste brasileiro, mas sua distribuição estende-se até a Bolívia. (Romero-González *et al.*, 2008).



Figura 1 – Flor de *Cyrtopodium paludicolum*

Senna velutina pertence à família Fabaceae, é uma espécie arbustiva que possui inflorescências racemosas com flores amarelas (Figura 2) e seu período de floração ocorre

entre janeiro e julho. É encontrada nos países da América do Sul, como Brasil, Bolívia, Guiana, Paraguai e Venezuela (Irwin & Barneby, 1982). No Brasil está presente em todas as regiões, ocorrendo em cerrado, cerradão e matas de galeria (Bortoluzzi, 2004).



Figura 2 – Flor de *Senna velutina*

Crotalaria micans também é uma espécie arbustiva, que pertence à família Fabaceae. Possui inflorescências racemosas com as flores agrupadas no ápice. As flores apresentam corola amarela com estrias avermelhadas (Figura 3) e florescem de fevereiro a maio (Deus, 2014). Sua área de distribuição nativa engloba desde o México até o sul da América do Sul. No Brasil está presente em todas as regiões, sendo encontrada na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (Flores, 2010; Flores & Miotto 2005).



Figura 3 - Flor de *Crotalaria micans*

2.3 Coleta dos dados

Durante o mês de Abril de 2017 coletamos de forma aleatória vinte flores de *C. paludicolum*, dezesseis de *S. velutina* e sete de *C. micans* todas de indivíduos diferentes. Os exemplares foram armazenados em um recipiente úmido e a coleta das curvas de reflectância foram realizadas no mesmo dia.

Para saber se a coloração das flores das três espécies é semelhante, foi realizada a análise espectrofotométrica das pétalas, utilizando o espectrofotômetro JAZ (Ocean Optics, Inc., Dunedin, FL, EUA) que já possui uma fonte de luz embutida. As medidas foram feitas em um ângulo de 45° com a superfície da pétala, como descrito em Chittka e Kevan (2005).

Os valores de reflectância foram medidos em quatro pontos das flores: Cima (Ci), Lado (La), Baixo (Ba) e Centro (Ce), sendo que as estruturas correspondentes a estes pontos variaram de acordo com a espécie (Figura 4). Porém, essas foram escolhidas de forma a criar um arranjo floral similar entre as espécies.

Foram feitas três medições de espectro para cada ponto da flor e posteriormente a média desses valores foi calculada e utilizada na realização das análises.



Figura 4 - Pontos de medição da reflectância: Ba – Baixo; Ce – Centro; La – Lado; Ci – Cima. (A) *Cyrtopodium paludicolum*; (B) *Senna velutina*; (C) *Crotalaria micans*.

2.4 Análise dos dados

Criamos gráficos com as curvas de refletância dos quatro pontos medidos nas flores das três espécies. Observamos que as curvas dos pontos Lado (La) e Cima (Ci) eram bastante semelhantes entre si, para todas as espécies analisadas, por isso realizou-se a média desses dois pontos, para serem utilizados como um só, esse novo ponto foi denominado de Periferia (Pe). Apenas os valores de refletância entre 300 nm e 700 nm foram considerados, visto que esse é o espectro visível para abelhas.

Para analisar como as abelhas percebem a coloração das flores estudadas foi utilizado o modelo do hexágono de cores, que permite visualizar o espaço que a cor ocupa em um sistema visual (Chittka 1992). Nesse caso, utilizou-se uma função de refletância de fundo verde, que representa as folhas (background), um padrão de iluminação como a luz do dia (D65, Wyszecki e Stiles, 1982) e as funções de sensibilidade espectral de *Apis mellifera*, que é utilizada como modelo para a maioria dos estudos com abelhas (Chittka e Kevan, 2005).

Neste modelo, as extremidades do hexágono representam os fotorreceptores e suas possíveis combinações e, no caso das abelhas que possuem visão tricromática, esses fotorreceptores possuem picos de excitação nas faixas do ultravioleta, azul e verde. Assim,

segundo (Chittka et al., 2014) é possível definir as cores percebidas pelas abelhas como: UV, UV-azul, azul, azul-verde, verde, UV-verde e não colorido.

Com os valores de excitação é possível obter a posição de cada ponto que foi mensurado, dentro desse espaço de cores. Diante disso, foram criados hexágonos de cor para os pontos dos grupos Baixo (Ba), Centro (Ce) e Periferia (Pe), contendo os *loci* dos estímulos de cor de todos os exemplares das três espécies estudadas.

A distância entre os *loci* dos estímulos de cor pode revelar a diferença entre as cores de cada espécie. (Chittka e Kevan, 2005). Considerando que as abelhas conseguem discriminar com precisão de 70% de acerto as cores que possuem uma distância de 0,045 unidades de hexágono (Dyer e Chittka, 2004), a média da distância dos os *loci* entre *C. paludicolum* e *S. velutina* e entre *C. paludicolum* e *C. micans*, para todos os pontos analisados, foi calculada e um teste-t foi realizado para comparar os valores obtidos com o limite de discriminação das abelhas.

Outro ponto que pode ser levado em consideração é a área de interseção ou sobreposição entre os *loci* de cor de espécies diferentes. Em uma escala de 0 a 1, quanto mais próximo de 0 for o valor de sobreposição entre grupos de pontos correspondentes a espécies diferentes, menor é a semelhança entre suas cores e maior a capacidade das abelhas as discriminarem. Já para valores mais próximos de 1, a semelhança entre as cores é maior e as abelhas tem dificuldade em distinguirem essas cores. Assim, criamos polígonos com os *loci* mais externos de cada espécie e calculou-se o valor da área de sobreposição entre esses polígonos para as combinações entre *Cyrtopodium* e seus dois possíveis modelos, para todos os pontos mensurados das flores. Posteriormente, atribui-se um valor de significância para a sobreposição através de um modelo nulo em que 1000 valores de sobreposição foram calculados a partir da aleatorização da posição dos pontos considerados. O software R (R Development Core Team, 2014) foi utilizado para a realização de todas as análises.

3. RESULTADOS

Os gráficos das curvas de reflectância obtidos mostram que as flores de *C. paludicolum* e *S. velutina* apresentaram padrões semelhantes com reflectância alta nos comprimentos de onda amarelo e UV nos pontos Centro (Ce) e Periferia (Pe), Já no ponto Baixo (Ba), também houve reflectância no comprimento de onda amarelo, porém com absorção da luz ultravioleta (Figura 5). Em *C. micans*, as flores mostraram um padrão diferente, em todos os pontos houve reflectância no amarelo e absorção ou baixa reflexão no UV (Figura 5).

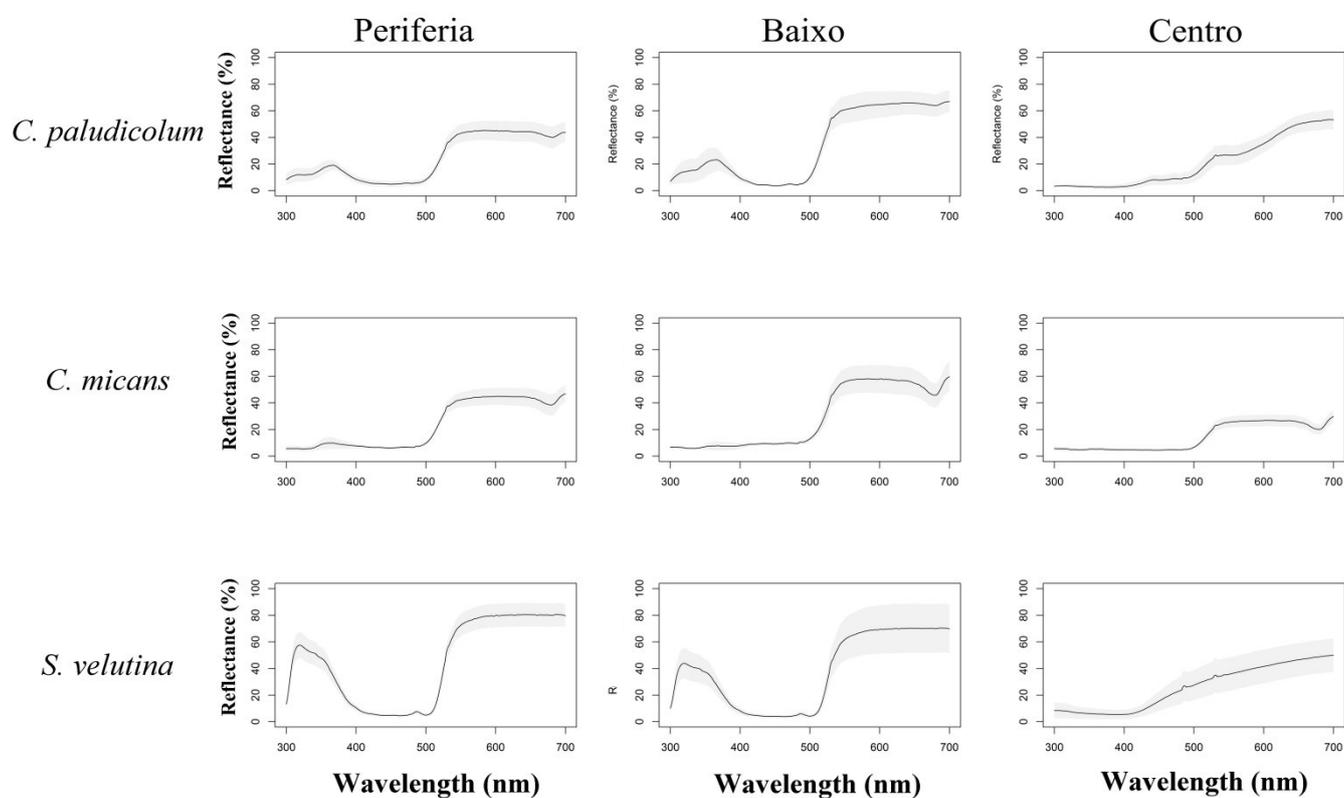


Figura 5 – Curvas médias de reflectância.

Os hexágonos de cor mostraram que na visão das abelhas, os pontos Baixo (Ba) e Periferia (Pe) são UV-verde e verde no ponto Centro (Ce) em *C. paludicolum* e *S. velutina*. Já

em *C. micans* os pontos Centro (Ce) e Periferia (Pe) são UV-verde e o ponto Baixo (Ba) é verde (Figura 6).

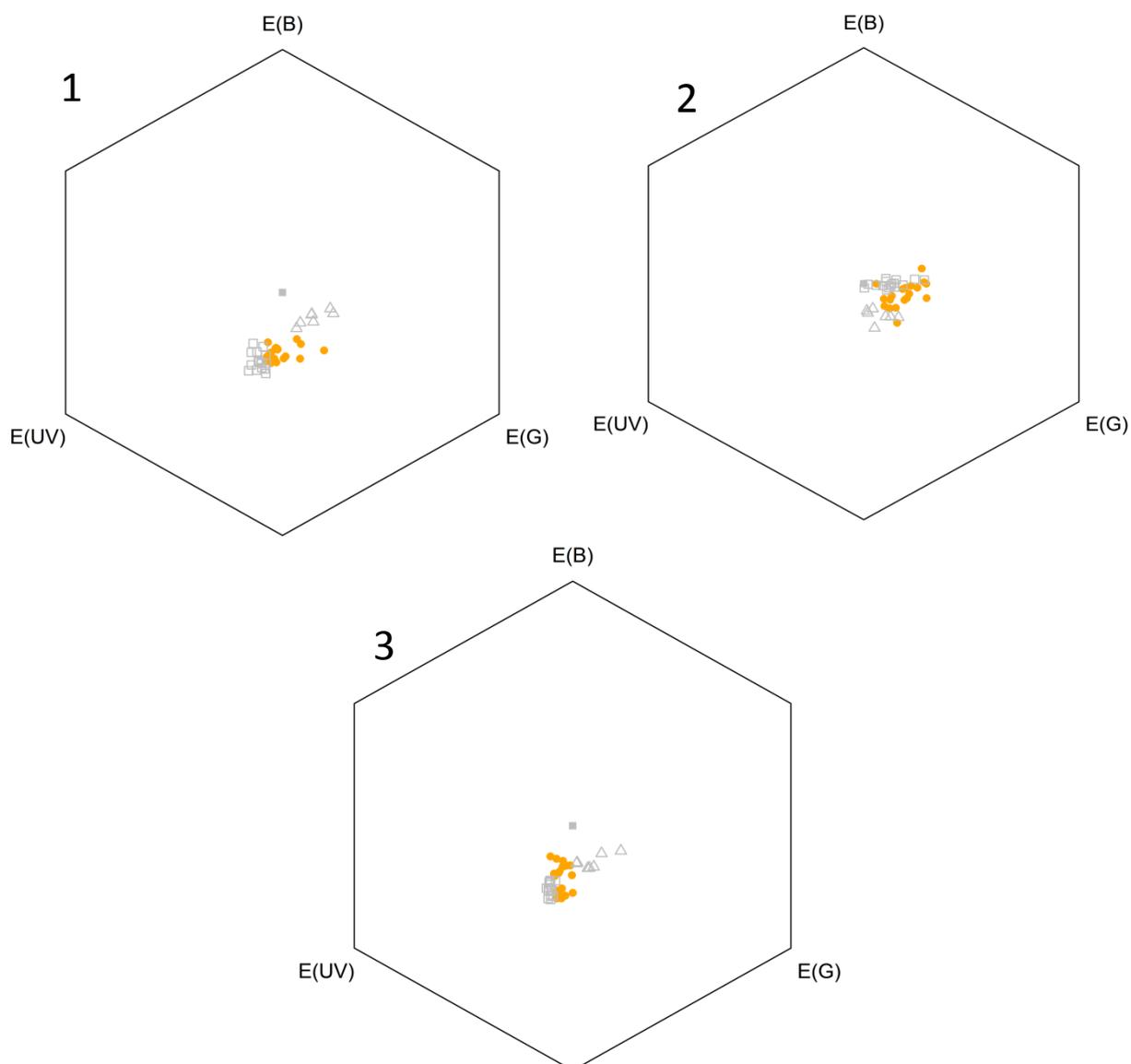


Figura 6 – Hexágonos de cor para os pontos analisados. (1) Baixo; (2) Centro; (3) Periferia.

Legenda: *C. paludicolum* – círculo amarelo; *S. velutina* - quadrado; *C. micans* – triângulo.

As médias das distâncias entre os *loci* de cada espécie apresentaram resultados acima do limiar de discriminação das abelhas, com valores maiores que 0,045 unidades de hexágono (Figura 7). Os resultados dos Teste-t foram significativos ($p < 0,001$) e mostraram que existe diferença entre as médias obtidas e o limiar de discriminação (Tabela 1).

Com relação à área de sobreposição entre os pontos, os valores não foram significativos ($p > 0,05$), com resultados iguais ou próximos de zero (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de sobreposição e dos Teste – t. Legenda: Cy – *C. paludicolum*; Cr - *C. micans*; Se - *S. velutina*.

Pontos	Combinações	Sobreposição	p	Teste t	df	p
Periferia	Cy vs Se	0.005878487	> 0.05	17.849	319	<0.001
	Cy vs Cr	Nula	-	19.891	139	<0.001
Baixo	Cy vs Se	0.000149338	> 0.05	17.561	319	<0.001
	Cy vs Cr	Nula	-	30.032	139	<0.001
Centro	Cy vs Se	0.177393	> 0.05	23.605	319	<0.001
	Cy vs Cr	0.007138918	> 0.05	18.372	139	<0.001

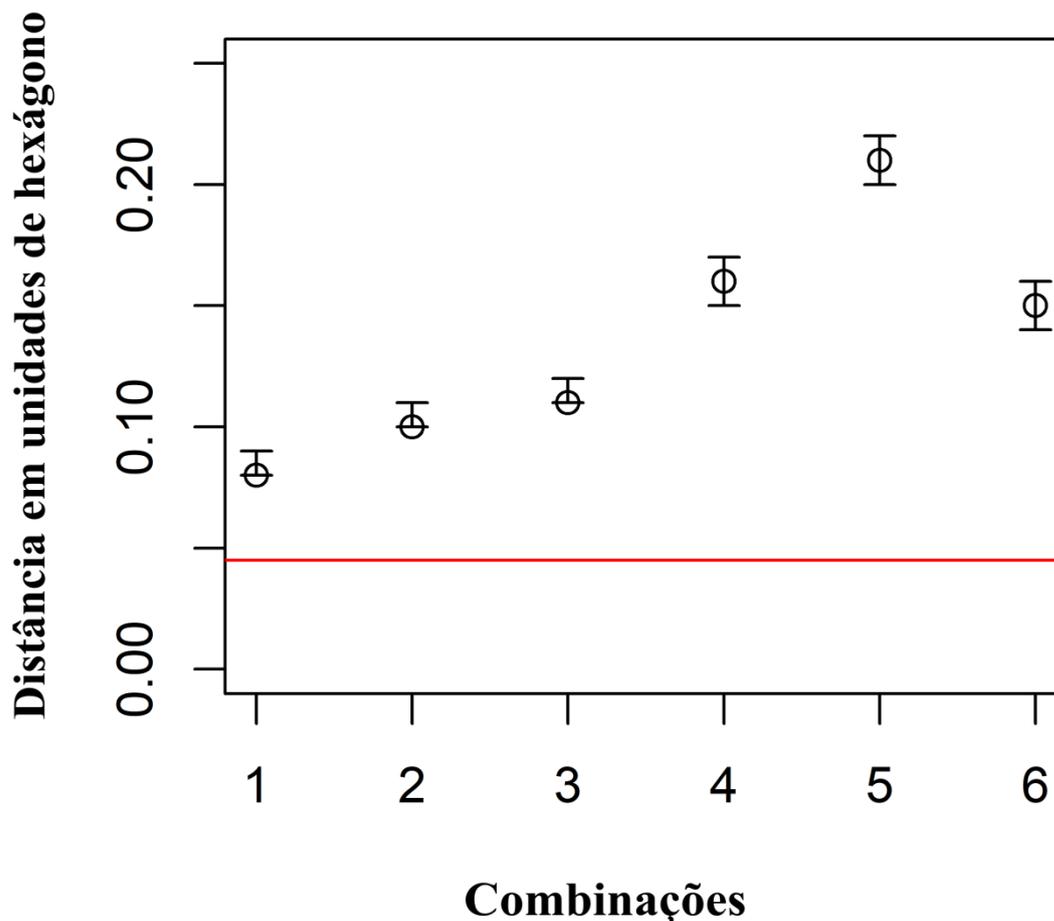


Figura 7 – Médias das distâncias entre os *loci*. Combinações: 1 – Cy e Se – Periferia; 2 – Cy e Se - Baixo; 3 - Cy e Se - Centro; 4 – Cy e Cr - Periferia; 5 – Cy e Cr - Baixo; 6 – Cy e Cr – Centro.

Legenda: Cy – *C. paludicolum*; Cr - *C. micans*; Se - *S. velutina*.

4. DISCUSSÃO

Os valores das áreas de sobreposição dos *loci* ficaram muito próximos de zero indicando que as cores estão distantes entre si. Além disso, as médias das distâncias entre os *loci* ficaram acima do limiar de discriminação das abelhas. Estes dois resultados mostraram que as abelhas são capazes de discriminar a coloração de *C. paludicolum* da coloração de *S. velutina* e *C. micans*. A distância de cor é um fator importante para a discriminação entre flores (Dyer e Chittka, 2004). Nos testes realizados entre flores com recompensa e sem recompensa, quando a distância entre as cores era grande, rapidamente a abelha aprendia a visitar apenas a flor que apresentava recompensa (Dyer & Chittka 2004).

Este resultado condiz com diversos trabalhos que mostram que a maior parte das orquídeas polinizadas por engano não mimetiza um modelo específico, mas sim um modelo generalista de flores melitófilas que possuem recursos, apresentando características que estimulam as preferências inatas das abelhas (Jersáková *et al.*, 2009; Smidt *et al.* 2006; Silva-Pereira *et al.*, 2007; Pansarin, 2008; Sanguinetti *et al.* 2012). Um exemplo é o trabalho de Borba e Braga (2003), que ao estudar a biologia reprodutiva de *Pseudolaelia corcovadensis*, uma orquídea que também engana seu polinizador, mostrou que essa espécie não possui um modelo específico, mas apresenta coloração, morfologia e sinais visuais que mimetizam um modelo geral de flor polinizada por abelha.

As curvas de reflectância de *C. paludicolum* mostraram que na área periférica houve reflectância nos comprimentos de onda amarelo e UV e na região central houve reflexão no amarelo e absorção da luz UV. Quando uma flor apresenta este padrão pode-se dizer que ocorre um mimetismo de pólen, visto que o pólen presente na maioria das flores também possui absorção de UV e reflexão no amarelo (Heuschen *et al.*, 2005). Esta é outra interpretação que também exclui a possibilidade de haver mimetismo de um modelo específico de flor.

Neste trabalho, mesmo a coloração das flores estudadas não sendo semelhante, como se sugeriu no início, foi possível entender que ainda assim a cor e os sinais visuais que uma flor emite são fundamentais para seu sucesso reprodutivo, visto que elas apresentam variadas formas de utilizar esse sinal como um atrativo para seus polinizadores e isto é ainda mais importante naquelas que não possuem nenhum tipo de recompensa. Ao descobrir como *C. paludicolum* engana seus polinizadores agrega-se mais conhecimento a cerca de sua biologia reprodutiva e abre-se portas para que novos estudos a respeito desta espécie possam ser iniciados, visando complementar os dados que aqui foram apresentados.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a coloração das flores de *C. paludicolum* não é semelhante a coloração das flores de *S. velutina* e *C. micans*, excluindo a possibilidade dessas espécies representarem um caso de mimetismo batesiano, o que refuta a hipótese proposta inicialmente

6. REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, James D. SYSTEMS IN ORCHIDS. *Lindleyana*, v. 1, n. 2, p. 108-113, 1986..
Lindleyana 1, 108–113.
- AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos florais. **Biologia da Polinização**, v. 1, p. 130-150, 2014.
- ARRUDA, R.; CARVALHO, L.; N.; DEL-CLARO, K. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 201, n. 2, p. 127-134, 2006.
- BATISTA, J. A.; BIANCHETTI, L. B. Three new taxa in *Cyrtopodium* (Orchidaceae) from central and southeastern Brazil. **Brittonia**, v. 56, n. 3, p. 260-274, 2004.
- BORBA, E. L.; BRAGA, P. I. S. Biologia reprodutiva de *Pseudolaelia corcovadensis* (Orchidaceae): melitofilia e autocompatibilidade em uma Laeliinae basal. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 541-549, 2003.

BORTOLUZZI, R. D. C. **A subfamília Caesalpinioideae (Leguminosae) no estado de Santa Catarina, Brasil. 319f.** 2004. Tese de Doutorado. Tese.(Doutorado em Ciências: Botânica)–Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRISCOE, A. D.; CHITTKA, L. The evolution of color vision in insects. **Annual review of entomology**, v. 46, n. 1, p. 471-510, 2001.

CAMPBELL, D. R. et al. Where have all the blue flowers gone: pollinator responses and selection on flower colour in New Zealand *Wahlenbergia albomarginata*. **Journal of evolutionary biology**, v. 25, n. 2, p. 352-364, 2012.

CHITTKA, L. Camouflage of predatory crab spiders on flowers and the colour perception of bees (Aranida: Thomisidae/Hymenoptera: Apidae). **Entomologia generalis**, v. 25, n. 3, p. 181-187, 2001.

CHITTKA, L. et al. Ultraviolet as a component of flower reflections, and the colour perception of Hymenoptera. **Vision research**, v. 34, n. 11, p. 1489-1508, 1994.

CHITTKA, L. Optimal sets of color receptors and color opponent systems for coding of natural objects in insect vision. **Journal of Theoretical Biology**, v. 181, n. 2, p. 179-196, 1996.

CHITTKA, L. The colour hexagon: a chromaticity diagram based on photoreceptor excitations as a generalized representation of colour opponency. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 170, n. 5, p. 533-543, 1992.

CHITTKA, L.; KEVAN, P. Flower colour as advertisement. In **Practical Pollination Biology** (ed. A. Dafni, P. G. Kevan and B. C. Husband): Cambridge, ON: Enviroquest Ltd . 157-196 p., 2005.

CHITTKA, L.; RAINE, N. E. Recognition of flowers by pollinators. **Current opinion in plant biology**, v. 9, n. 4, p. 428-435, 2006.

COZZOLINO, S.; WIDMER, A. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, n. 9, p. 487-494, 2005.

DAFNI, A. Mimicry and deception in pollination. **Annual review of ecology and systematics**, v. 15, n. 1, p. 259-278, 1984.

DAFNI, A.; CALDER, D. M. Pollination by deceit and floral mimesis in *Thelymitra antennifera* (Orchidaceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 158, n. 1, p. 11-22, 1987.

DEL-CLARO, K.; BERTO, V.; RÉU, W. Effect of herbivore deterrence by ants on the fruit set of an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 6, p. 887-892, 1996.

DEUS, F. F. de. Sucessão, composição florística e biologia da polinização de uma comunidade vegetal do cerrado, Uberlândia, Minas Gerais. 2014.

DEVELOPMENT, Core Team 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

DRESSLER, R. L. **The orchids: natural history and classification**. 1990.

DUTRA, D.; et al. Reproductive biology of *Cyrtopodium punctatum* in situ: implications for conservation of an endangered Florida orchid. **Plant species biology**, v. 24, n. 2, p. 92-103, 2009.

DYER, A. G.; CHITTKA, L. Biological significance of distinguishing between similar colours in spectrally variable illumination: bumblebees (*Bombus terrestris*) as a case study. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 190, n. 2, p. 105-114, 2004.

FLORES, A. S.; RODRIGUES, R. S.. Diversidade de Leguminosae em uma área de savana do estado de Roraima, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 175-183, 2010.

GEGEAR, R. J. The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators. **Cognitive ecology of pollination**, 2001.

GOULSON, D. Are insects flower constant because they use search images to find flowers?. **Oikos**, v. 88, n. 3, p. 547-552, 2000.

GOULSON, D. Foraging strategies of insects for gathering nectar and pollen, and implications for plant ecology and evolution. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, v. 2, n. 2, p. 185-209, 1999.

GUMBERT, A.; KUNZE, J.; CHITTKA, L. Floral colour diversity in plant communities, bee colour space and a null model. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 266, n. 1429, p. 1711-1716, 1999.

HANSEN, D. M.; VAN DER NIET, T.; JOHNSON, S. D. Floral signposts: testing the significance of visual 'nectar guides' for pollinator behaviour and plant fitness. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 279, n. 1729, p. 634-639, 2012.

HEUSCHEN, B.; GUMBERT, A.; LUNAU, K. A generalised mimicry system involving angiosperm flower colour, pollen and bumblebees' innate colour preferences. **Plant Systematics and Evolution**, v. 252, n. 3-4, p. 121-137, 2005.

IRWIN, H. S.; BARNEBY, R. C. **The American cassiinaea synoptical revision of leguminosae tribe cassieae subtribe cassiinae in the New World**. 1982.

JERSÁKOVÁ, J.; et al. The evolution of floral mimicry: identifying traits that visually attract pollinators. **Functional Ecology**, v. 26, n. 6, p. 1381-1389, 2012.

JERSÁKOVÁ, J.; JOHNSON, S. D.; JÜRGENS, A. Deceptive behavior in plants. II. Food deception by plants: from generalized systems to specialized floral mimicry. In: **Plant-Environment Interactions**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 223-246.

JERSÁKOVÁ, J.; JOHNSON, S. D.; KINDLMANN, P. Mechanisms and evolution of deceptive pollination in orchids. **Biological Reviews**, v. 81, n. 2, p. 219-235, 2006.

JOHNSON, S. D. Batesian mimicry in the non-rewarding orchid *Disa pulchra*, and its consequences for pollinator behaviour. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 71, n. 1, p. 119-132, 2000.

JOHNSON, S. D. Evidence for Batesian mimicry in a butterfly- pollinated orchid. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 53, n. 1, p. 91-104, 1994.

JOHNSON, S. D.; STEINER, K. E. Generalization versus specialization in plant pollination systems. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 15, n. 4, p. 140-143, 2000.

KUNZE, J.; GUMBERT, A. The combined effect of color and odor on flower choice behavior of bumble bees in flower mimicry systems. **Behavioral Ecology**, v. 12, n. 4, p. 447-456, 2001.

LAND, M. F.; NILSSON, D. E. *Animal Eyes*: Oxford University Press. **New York**, 2002.

LUNAU, K.; UNSELD, K.; WOLTER, F. Visual detection of diminutive floral guides in the bumblebee *Bombus terrestris* and in the honeybee *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 195, n. 12, p. 1121-1130, 2009.

MACIEL, A. A. 2016. **A baixa frutificação natural e os mecanismos envolvidos na reprodução de orquídeas polinizadas por engano**. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

NEWMAN, E.; ANDERSON, B.; JOHNSON, S. D. Flower colour adaptation in a mimetic orchid. **Proc. R. Soc. B**, p. rspb20112375, 2012.

OWEN, C. R.; BRADSHAW, H. D. Induced mutations affecting pollinator choice in *Mimulus lewisii* (Phrymaceae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 5, n. 3, p. 235, 2011.

PANSARIN, E. R. Reproductive biology and pollination of *Govenia utriculata*: A syrphid fly orchid pollinated through a pollen- deceptive mechanism. **Plant Species Biology**, v. 23, n. 2, p. 90-96, 2008.

PANSARIN, L. M.; PANSARIN, E. R.; SAZIMA, M. Reproductive biology of *Cyrtopodium polyphyllum* (Orchidaceae): a *Cyrtopodiinae* pollinated by deceit. **Plant Biology**, v. 10, n. 5, p. 650-659, 2008.

PINHEIRO, F. Polinização por engodo. In: RECH, A. R., et al (Org.). **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. Cap. 15. p. 327-344.

RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 527 p., 2014.

RENNER, S. S. Rewardless flowers in the angiosperms and the role of insect cognition in their evolution. **Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization**. University of Chicago Press, Chicago, p. 123-144, 2006.

RODRIGUES, R. S. et al. The genus *Senna* (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Rio Grande do Sul State, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 1, p. 1-16, 2005.

ROMERO-GONZÁLEZ, G. A.; BATISTA, J. A.; DE BEM BIANCHETTI, L. A synopsis of the genus *Cyrtopodium* (Catasetinae: Orchidaceae). **Harvard Papers in Botany**, v. 13, n. 1, p. 189-206, 2008.

ROY, B. A.; WIDMER, A. Floral mimicry: a fascinating yet poorly understood phenomenon. **Trends in plant science**, v. 4, n. 8, p. 325-330, 1999.

SANGUINETTI, A. et al. Floral features, pollination biology and breeding system of *Chloraea membranacea* Lindl. (Orchidaceae: Chloraeinae). **Annals of botany**, v. 110, n. 8, p. 1607-1621, 2012.

SCHAEFER, H. M.; RUXTON, G. D. Deception in plants: mimicry or perceptual exploitation?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 12, p. 676-685, 2009.

SCHIESTL, F. P. On the success of a swindle: pollination by deception in orchids. **Naturwissenschaften**, v. 92, n. 6, p. 255-264, 2005.

SILVA-PEREIRA, V.; DE CAMARGO SMIDT, E.; BORBA, E. L. Isolation mechanisms between two sympatric *Sophranitis* (Orchidaceae) species endemic to Northeastern Brazil. **Plant Systematics and Evolution**, v. 269, n. 3-4, p. 171-182, 2007.

SMIDT, E. C.; SILVA-PEREIRA, V.; BORBA, E. L. Reproductive biology of two *Cattleya* (Orchidaceae) species endemic to north-eastern Brazil. **Plant Species Biology**, v. 21, n. 2, p. 85-91, 2006.

VAN DER PIJL, L.; DODSON, C. H. *Orchid flowers: their pollination and evolution*. Fairchild Tropical Garden, Coral Gables, Florida, 1966.

WYSZECKI, G.; STILES, W. S. **Color science**. New York: Wiley, 1982.