

RELAÇÃO ENTRE SISTEMAS COLORIMÉTRICOS PARA GRÃOS DE CAFÉ TORRADOS DE DIFERENTES COLORAÇÕES

Mariane Helena Sances Rabelo¹, Diego Egídio Ribeiro², Carlos Henrique Cardeal Guiraldeli³, Ana Paula de Carvalho Alves⁴, Renato Ribeiro de Lima⁵, Ana Carla Marques Pinheiro⁶, Flávio Meira Borém⁷, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira⁸

¹ Eng. de Alimentos, Mestranda, DCA-UFLA, Lavras – MG, marianerabelo1@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, MS, Doutorando, DEG-UFLA, Lavras – MG, diegoagro10@hotmail.com

³ Eng. Agrônomo, Graduando, DEG-UFLA, Lavras – MG, ch_cardeal@hotmail.com

⁴ Química, DSc, DEG-UFLA, Lavras – MG, anapaula.quimica@hotmail.com

⁵ Zootecnista, Professor Associado, DEX-UFLA, Lavras – MG, rrlima@dex.ufla.br

⁶ Eng. Agrônoma, DSc, Professora Adjunto, DCA-UFLA, Lavras – MG, anacarlamp@dca.ufla.br

⁷ Eng. Agrícola, DSc, Professor Titular, DEG-UFLA, Lavras – MG, flavioborem@deg.ufla.br

⁸ Farmacêutica, DSc, Professora Associada, DCA-UFLA, Lavras – MG, rosegfap@dca.ufla.br

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo analisar a relação das medidas dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° com as medidas do sistema Agtron para identificar novos parâmetros de avaliação da coloração do grão de café torrado de diferentes colorações. Foram utilizados grãos de café (*Coffea arabica* L.) processados pela via seca. Com base na coloração dos grãos submetidos a um único processo de torração, tendo como referência o Sistema Agtron de Classificação de Torra, foram definidos os seguintes tratamentos: Padrão (55,7), Cor 1 (63,1), Cor 2 (76,6), Cor 3 (86) e Quaker (95,6). Para a composição dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h°, foram realizadas cinco leituras em cada tratamento através do colorímetro Minolta. A relação das leituras entre os sistemas analisados foi realizada a partir das diferenças significativas ($P < 0,05$) e análise de regressão linear. O sistema CIE L*a*b* foi o que apresentou maior relação com o sistema Agtron. A coordenada b* é um parâmetro eficiente na avaliação da coloração do grão de café torrado. Entretanto, a coordenada h° não apresentou bom ajuste para o modelo linear de regressão limitando a aplicação do sistema CIE L*c*h°.

PALAVRAS-CHAVES: Agtron, CIE L*a*b*, CIE L*c*h°, café torrado, Quaker

RELATIONSHIP BETWEEN SYSTEMS COLORIMETRIC FOR DIFFERENT ROASTED COFFEE BEANS COLORINGS

ABSTRACT: This study aimed to analyze the relationship between measurements of CIE L*a*b* and CIE L*c*h° systems with measures of Agtron system to identify new parameters for assessing different colors of roasted coffee bean. Were used natural coffee beans (*Coffea arabica* L.). Based on the color of the grains processed by a single roasting, with reference to the Agtron System Roasting classification, the following treatments were defined: Standard (55.7) Color 1 (63.1), Color 2 (76.6) Color 3 (86) and Quaker (95.6). To make up the CIE L*a*b* and CIE L*c*h°, five readings were taken for each treatment by Minolta colorimeter. The relationship of the readings between the analyzed systems was performed with significant differences ($P < 0.05$) and linear regression analysis. The CIE L*a*b* showed the greatest relationship with Agtron system. The b* coordinate is an effective parameter to evaluate the color of roasted coffee bean. However, the coordinated h° did not show good fit for the linear regression model restricting the application of the CIE L*c*h°.

KEYWORDS: Agtron, CIE L*a*b*, CIE L*c*h°, roasted coffee, Quaker

INTRODUÇÃO

A torração dos grãos de café pode ser entendida como uma série de alterações físicas e químicas. Essas alterações podem resultar em compostos desejáveis para a formação do aroma e do sabor, caracterizando-se como uma das etapas mais importantes na industrialização do café (REDGWELL et al., 2002; OOSTERVELD et al., 2003; HERNANDEZ et al., 2007).

O grau de torração não afeta somente a cor do grão, mas também tem influência marcante sobre os atributos sensoriais da bebida. O café submetido a uma torração leve é caracterizado por alta acidez, baixo corpo e desenvolvimento de aroma e sabor insuficiente. Com o aumento do grau de torração, a acidez diminui, a bebida torna-se mais encorpada e tanto o aroma quanto o sabor tornam-se mais evidentes, até o ponto caracterizado pelo gosto amargo.

Além disso, uma forma de analisar o grau de torração pode ser por meio da medição da cor dos grãos torrados e pela perda de massa que ocorre durante o processo (SMITH, 1986). No entanto, grãos de café verdes, que em geral são originados de frutos imaturos, apresentaram-se com a tonalidade mais clara quando comparados aos grãos perfeitos, dificultando a avaliação do grau de torração.

De forma geral, a cor da superfície dos materiais pode ser mensurada utilizando o sistema CIE (“Commission Internationale de Eclairage”) $L^*a^*b^*$, padrão internacional para medições de cor (BERBERICH et al., 2002). Esse sistema emprega as coordenadas espaciais no plano cartesiano, como a coordenada L^* ou luminosidade, que relacionada ao grau de escurecimento do material; a coordenada a^* , eixo verde-vermelho; e a coordenada b^* , eixo azul-amarelo. Outra forma de mensurar a cor pode ser por meio de coordenadas cilíndricas que compõem o sistema CIE $L^*c^*h^\circ$. Nesse sistema, a coordenada L^* corresponde à luminosidade; a coordenada c^* ao croma, que fornece a intensidade ou saturação da cor; e a coordenada h° , que corresponde à tonalidade do material analisado.

No caso específico para grãos de café, uma maneira de representar a cor dos grãos, em consequência o grau de torração, é utilizando o sistema adotado pela Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America – SCAA). Nesse caso, utiliza-se o equipamento M-Basic II Agtron, que consiste em um espectrofotômetro projetado para atender as necessidades especiais relativas à avaliação e quantificação do grau de torração de cafés em grãos e moído. Esse equipamento opera na faixa de energia do infravermelho próximo, em que a atividade de reflectância é representada por um único valor numérico que varia em função do grau de torração (AGTRON INC., 1997).

Como forma de ampliar os métodos de avaliação da cor do café torrado, os sistemas CIE $L^*a^*b^*$ e CIE $L^*c^*h^\circ$ podem tornar-se alternativas viáveis, tendo como referência o sistema Agtron. Para isso, é necessário compreender o grau de correspondência entre esses sistemas.

Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo analisar a relação das medidas dos sistemas CIE $L^*a^*b^*$ e CIE $L^*c^*h^\circ$ com as medidas do sistema Agtron, para identificar novos parâmetros de avaliação da coloração do grão de café torrado.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização do experimento

Para a condução do trabalho, utilizou-se como matéria-prima grãos de café (*Coffea arabica* L.) processados pela via seca. A secagem do material foi conduzida até os grãos atingirem o teor de água de 11% (b.u.). Posteriormente, os grãos foram embalados em sacaria GrainPro e armazenados em câmara fria até as etapas de beneficiamento. Para a uniformização do material beneficiado, os grãos foram classificados quanto ao tamanho e à forma. Para isso, foram utilizadas peneiras com diferentes perfurações, sendo selecionados somente grãos chatos retidos na peneira de 16/64 de polegada.

Além da classificação física em tamanho e forma, foram retirados todos os grãos imperfeitos com base na Instrução Normativa N° 8, de 11 de junho de 2003. Assim, foram descartados grãos que apresentaram os defeitos preto, preto-verde, ardido, concha, brocado, quebrado e mal formado. Grãos com o defeito verde, que em geral são originados de frutos imaturos, foram mantidos com a finalidade de compor os tratamentos. Isso porque após a torração, foi observado que grãos com esse tipo de defeito apresentaram-se com a tonalidade mais clara quando comparados aos grãos perfeitos.

Para a torração, foram utilizados 4 kg do material preparado. Para isso, foi empregado o torrador Atila modelo Gold Plus. A operação de torração iniciou-se com a temperatura de aproximadamente 150°C, sendo fixada a velocidade de rotação do cilindro em 70 RPM e a velocidade do sistema que controla o fluxo de ar de entrada em 1.800 RPM. Ao longo dessa operação, a temperatura mínima atingida foi de 100°C e a máxima de 173°C. Por fim, o tempo total da torra foi de 11 minutos e 43 segundos, determinado quando os grãos atingiram o grau de torra médio. Essa determinação foi feita visualmente por meio do sistema de classificação de cor com o uso de discos padronizados (SCAA/Agtron Roast Color Classification System, cor de referência #55 para grão inteiro).

Todos os procedimentos foram realizados de acordo com o protocolo descritos pela SCAA (LINGLE, 2011). As variáveis desse processo, temperatura e tempo, foram monitoradas simultaneamente e armazenados em um computador conectado ao torrador utilizando o software Sitrad versão 4.11. Os dados coletados foram analisados e utilizados para a construção da curva de torra conforme mostrado na Figura 1.

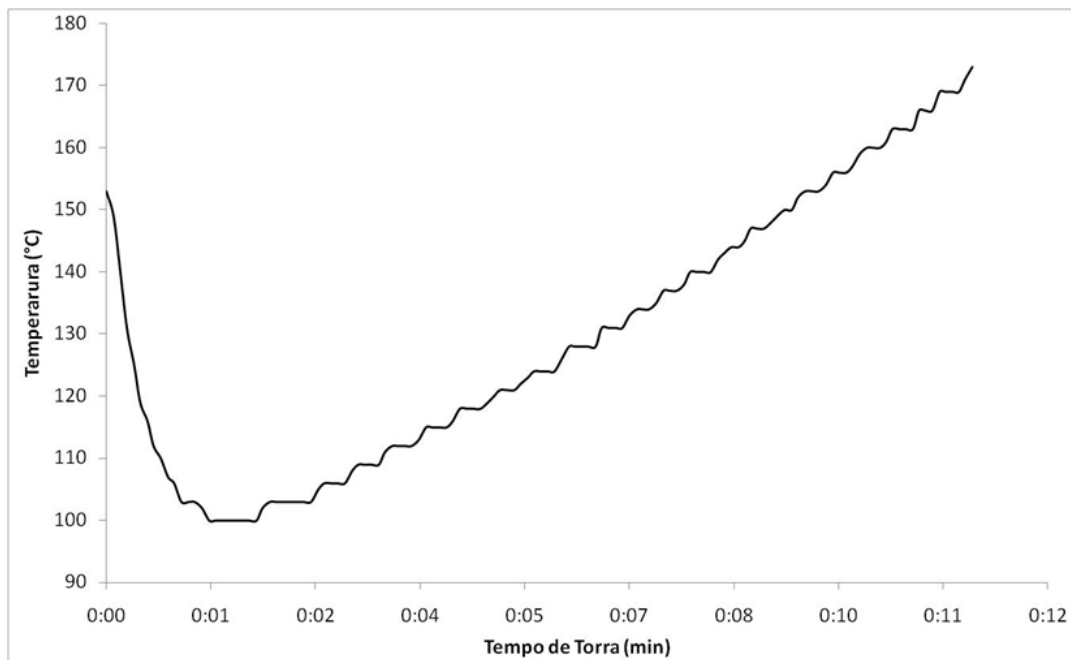


Figura 1. Curva de torra dos grãos de café preparados para a composição dos tratamentos.

Composição dos tratamentos

Na condução do trabalho foram definidos cinco tratamentos, os quais correspondem a diferentes colorações (Figura 2). Para a composição dos tratamentos, o material passou por rigorosa inspeção visual e separação manual, baseando-se na diferença de coloração dos grãos torrados. Essa diferença foi proporcionada pela presença de grãos com o defeito verde. Os tratamentos foram definidos com base em dois extremos de coloração identificados no material em estudo. O extremo de coloração mais escura (*Padrão*), representando o grau de torra médio, foi determinado na torração considerando a cor de referência do disco #55 para grão inteiro (SCAA/Agtron Roast Color Classification System); e o extremo de coloração mais clara (*Quaker*), representando 100% de grãos com o defeito verde. Os demais tratamentos definidos apresentaram coloração intermediária conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos baseados no sistema Agtron de classificação de cor (M-Basic II).

Tratamentos	Agtron
Padrão	55,7
Cor 1	63,1
Cor 2	76,6
Cor 3	86
Quaker	95,6



Figura 2. Representação dos diferentes tratamentos de grãos de café torrado

Avaliação de Coloração

Sistema Agtron

Baseando-se no protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), a cor do café torrado (grão inteiro) foi determinada utilizando o Agtron M-Basic II. O equipamento foi calibrado com o uso de uma placa de coloração cinza com valor determinado correspondente a 53 e outra placa de coloração preta com valor correspondente a 9,7. Para a composição da média, foram realizadas cinco leituras.

Sistema CIE L*a*b* e CIE L*c*h°

A cor do café torrado também foi determinada utilizando-se o colorímetro modelo Minolta. Esse equipamento foi utilizado na configuração de luminante D65 e calibrado com o uso de uma placa branca com valor determinado das coordenadas L = 97,02, a = + 0,25 e b = +1,78. A cor dos grãos foi expressa em parâmetros do sistema CIE L*a*b* e também do sistema CIE L*c*h°. A coordenada L* indica a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco). Já os demais parâmetros a* e b* (coordenadas de cromaticidade) indicam as direções das cores dos grãos torrados, em que +a* indica cor vermelha, -a* verde, +b* amarela e -b* azul.

As coordenadas cilíndricas c* ou croma, que fornece uma medida da intensidade ou saturação da cor; e h°, que corresponde à tonalidade, foram calculadas a partir das equações 1 e 2 respectivamente. Para a composição da média, foram realizadas cinco leituras.

$$c^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Equação 1}$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Equação 2}$$

Análise estatística

O trabalho foi executado utilizando o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos, os quais correspondem aos grãos de café torrados com diferentes colorações. Em cada tratamento foram realizadas cinco medições, que representa as repetições.

Inicialmente foi realizada uma análise de variância utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). O objetivo foi o de verificar se com o uso do colorímetro, podem ser detectadas diferenças significativas entre os tratamentos, com relação às mensurações das coordenadas de cromaticidade.

Quando foram detectadas diferenças significativas para as coordenadas avaliadas, efetuou-se o ajuste do modelo de regressão linear simples dessas coordenadas, como função dos valores do Agtron apresentados na Tabela 1. Dessa forma, procurou-se identificar uma relação entre os valores de referência do Agtron com as diferentes coordenadas avaliadas com o uso do colorímetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das coordenadas L*, a* e b* variaram conforme os valores de referência (Agtron) dos tratamentos e observou-se que existe uma diferença significativa entre as mensurações de cada coordenada individualmente. Essa variação indica correspondência entre os dois sistemas, ou seja, à medida que os valores do Agtron/SCAA aumentam, observa-se um aumento linear para essas coordenadas. Os valores das avaliações de coloração para o sistema colorimétrico CIE L*a*b* são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios da avaliação de cor pelos sistemas Agtron e CIE L*a*b*

Tratamentos	Agtron	CIE L*a*b*					
		L*		a*		b*	
Padrão	55,7	23,71	±4,84	8,15	±0,54	14,38	±1,38
Cor 1	63,1	23,39	±1,61	8,49	±0,28	15,78	±1,07
Cor 2	76,6	25,94	±3,37	8,43	±0,88	18,3	±1,78
Cor 3	86	27,2	±4,45	10,21	±1,05	22,12	±2,48
Quaker	95,6	34,96	±3,03	11,84	±1,01	23,73	±2,50
Coeficiente de Variação (%)		13,47		8,60		10,23	

Os dados CIE L*a*b* apresentados correspondem aos valores médios de cinco repetições ± desvio padrão

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das avaliações de coloração para o sistema colorimétrico CIE L*c*h°. Os valores de intensidade ou saturação da cor (c*) e de tonalidade (h°) do grão torrado, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Com base no desvio padrão, a coordenada c* apresentou o valor mínimo (15,1) e máximo (29,13) para os tratamentos Padrão (55,7) e Quaker (95,6), respectivamente. No entanto, a coordenada h° apresentou o valor mínimo (59,18) correspondente ao tratamento Padrão e máximo (67,29) ao tratamento Cor 2. Neste caso, não houve correspondência entre os valores extremos dessa coordenada com os valores extremos dos tratamentos (Tabela 3). Portanto, observa-se que os sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° apresentam semelhanças com o sistema Agtron para a avaliação da coloração do grão de café torrado.

Tabela 3. Valores médios da avaliação de cor pelos sistemas Agtron e CIE L*c*h°

Tratamentos	Agtron	CIE L*c*h°					
		L*		c*		h°	
Padrão	55,7	23,71	±4,84	16,53	±1,43	60,46	±1,28
Cor 1	63,1	23,39	±1,61	17,92	±0,91	61,72	±1,94
Cor 2	76,6	25,94	±3,37	20,15	±1,86	65,27	±2,02
Cor 3	86	27,2	±4,45	24,36	±2,68	65,22	±0,64
Quaker	95,6	34,96	±3,03	26,52	±2,61	63,48	±1,48
Coeficiente de Variação (%)		13,47		9,56		2,46	

Os dados CIE L*c*h° apresentados correspondem aos valores médios de cinco repetições ± desvio padrão

Visto que foram identificadas diferenças significativas ($P < 0,05$) das coordenadas cromáticas analisadas, foram realizadas análises de regressão linear com a finalidade de avaliar a relação entre os sistemas estudados. Desta forma, os resultados estão apresentados na Figura 3.

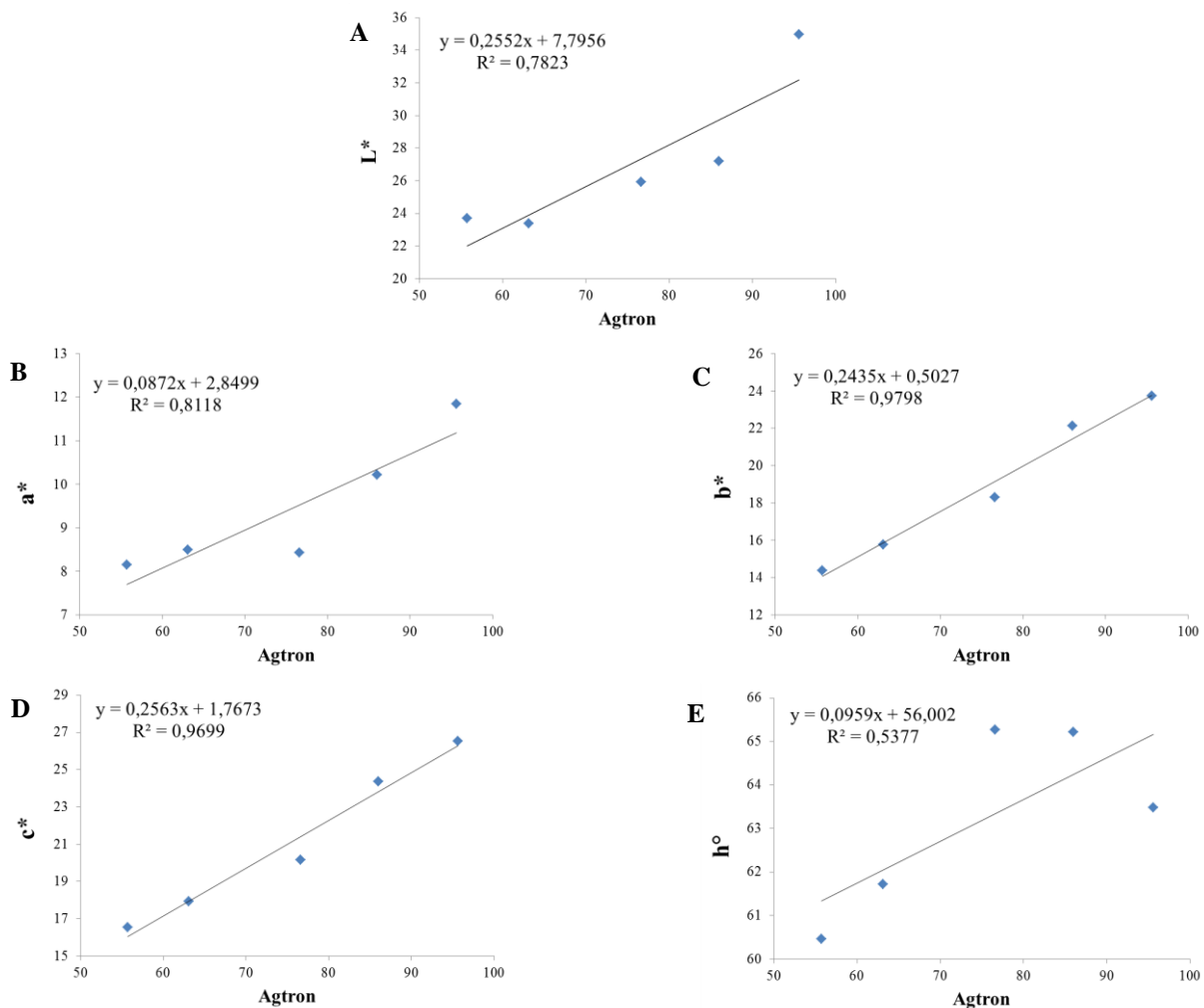


Figura 3. Equações ajustadas das medidas dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° como função das medidas do sistema Agtron para grãos de café torrados em diferentes colorações.

Os valores das coordenadas cromáticas do sistema CIE L*a*b* apresentaram alta relação com os valores de referência dos tratamentos (Sistema Agtron). Os coeficientes de determinação, obtidos a partir dos ajustes, foram superiores a 0,78 o que indica um bom ajuste dos modelos de regressão (Figuras 3A – 3C).

O aumento dos valores de luminosidade, representados pela coordenada L*, está correlacionado com o aumento dos valores obtidos a partir do sistema Agtron. Essa relação também é observada para as coordenadas a* e b*. No entanto, com base no ajuste dos modelos, a coordenada b* foi a que apresentou a maior relação, apresentando um $r^2=0,9798$ (Figura 3C).

O sistema CIE L*c*h° apresentou limitações quando relacionado ao sistema Agtron (Figuras 3D e 3E). Embora os valores da coordenada c* tenham apresentado um boa relação ($r^2 = 0,9699$) com os valores de referência dos tratamentos, a coordenada h° não apresentou um bom ajuste para o modelo linear de regressão ($r^2 = 0,5377$).

CONCLUSÕES

Para a avaliação da coloração do grão de café torrado, conclui-se que o sistema CIE L*a*b* é um método alternativo viável, pois apresentou forte correlação com o sistema Agtron;

A coordenada b* apresentou-se como um parâmetro eficiente na avaliação da coloração do grão de café torrado;

A coordenada h° não apresentou ajuste aceitável para o modelo linear de regressão, limitando a correlação do sistema CIE L*c*h° com o sistema Agtron.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGTRON INC. Disponível em: http://www.agtron.net/M_BasicII.html , Acessado em: 26 de Março 2015.
- BERBERICH, J.; DEE, K.H.; HAYAUCHI, V.; PÖRTNER, C. A new method to determine discoloration kinetics of uncoated white tablets occurring during stability testing— an application of instrumental color measurement in the development pharmaceuticals, *Int. J. Pharm.*, v. 234, p. 55-66, 2002.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HERNANDEZ, J. A. et al. Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. *Journal of Food Engineering*, v. 78, p. 4, p. 1141-1148, 2007.
- HOWELL, G. SCAA Universal Cupping Form & How to use it. In: ANNUAL CONFERENCE & EXHIBITION “PEAK OF PERFECTION”: presentation handouts, 10., 1998, Denver. Proceedings... Denver: [s. n.], 1998.
- OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. *Carbohydrate Polymers*. Barking, v. 54, p. 183-192, 2003.
- REDGWELL, R.J., TROVATO, V., CURTI, D. E FISCHER, M. Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans, *Carbohydrate Research*, v. 337, p. 421-431, 2002.
- SMITH, A. W. Introduction. In: *Coffee chemistry*. CLARKE, R.J.; MACRAE, R (Eds.), London: Elsevier applied Science. v. 1, p.1-41, 1986.