

RELAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS COLORIMÉTRICOS PARA CAFÉ TORRADO E MOÍDO COM DIFERENTES TONALIDADES

Mariane Helena Sances Rabelo¹; Diego Egídio Ribeiro²; Ana Cláudia Almeida da Silva³; 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. Agrícola, Graduanda, DEG-UFLA, Lavras – MG, anaclaudia.alsi@gmail.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 objetivo do presente trabalho foi analisar a relação das medidas dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° com as medidas do sistema Agtron para café torrados e moído com diferentes tonalidades, como forma de ampliar os métodos de avaliação da cor do café torrado. Para isso, tem-se a necessidade de compreender o grau de correspondência entre esses sistemas colorimétricos. 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 (59,5), Cor 1 (62,5), Cor 2 (68,4), Cor 3 (79,7), Cor 4 (85,5), Cor 5 (91,7) e Quaker (99,6). 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. Ambos os sistemas colorimétricos apresentaram um bom ajuste ao modelo linear de regressão, superiores a 0,95. Todas as coordenadas apresentaram uma boa relação com o sistema colorimétrico Agtron, a coordenada b* foi o parâmetro mais eficiente na avaliação do café torrado e moído.

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

THE RELATIONSHIP BETWEEN COLORIMETRIC SYSTEMS FOR ROASTED COFFEE AND GROUND WITH DIFFERENT SHADES

ABSTRACT: The objective of this study was to analyze the relationship between measurements of CIE L*a*b* and CIE L*c*h° systems with measures of Agtron system for roasted and ground coffee with different shades as a way to expand evaluation methods of roasted coffee color. To this end, there is a need to understand the degree of correspondence between these colorimetric systems. 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 (59.5) Color 1 (62.5), Color 2 (68.4) Color 3 (79.7), Cor 4 (85.5), Cor 5 (91.7) and Quaker (99.6). 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. Both colorimetric systems showed a good fit to the linear regression model, higher than 0.95. All coordinates had a good relationship with the colorimetric method Agtron, the coordinate b* was the most efficient parameter in the evaluation of roast and ground coffee.

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

INTRODUÇÃO

O processo de torração é uma etapa crucial na produção de café (ILLY; VIANI, 1995), tendo por objetivo principal produzir o aroma e sabor desejáveis (CLARKE, 1987). Pode ser descrito como, a submissão de grãos de café cru a aquecimento sob condições controladas, para que seja desencadeada uma série de reações responsáveis pelas características do produto final.

Este processo pode ser dividido em três etapas: secagem, pirólise e resfriamento. A etapa de secagem é caracterizada pela liberação de água e compostos voláteis, um processo que atinge temperaturas internas nos grãos de 160°C (HERNANDEZ et al., 2006). Nessa etapa uma mudança de coloração é observada, passando de verde para amarelo (RODRIGUES, 2003). A segunda etapa é caracterizada pela pirólise, ocorrem numerosas reações que resultam em modificações da composição química e físicas dos grãos com liberação de gás carbônica e composta voláteis

responsável pelo flavor característico do grão torrado (BORGES et al., 2004; HERNANDEZ et al., 2007). Após os grãos atingirem a coloração desejada, devem ser resfriados para paralisar as reações de pirólise e evitar a carbonização dos grãos, constituindo a terceira etapa do processo (SIVETZ; DESROSIER, 1979).

Segundo Borges et al. (2004), os grãos de café sofrem alterações físicas durante a torração. A mudança de coloração é uma alteração física mais evidente, pois varia à medida que o processo de torração se desenvolve, partindo de um grão esverdeado (grão cru) passando por diferentes tonalidades de marrom, que, por sua vez caracteriza os diferentes graus de torra, variando de marrom-claro para torração suave até quase preto para torração forte. No entanto, apesar da cor ser muito utilizada e ser um dos parâmetros que mais indicam o grau de torra de um grão, a determinação deste grau pela análise de cor podem ser inadequada, uma vez que grãos com diferentes composições químicas e principalmente diferentes estágios de maturação podem apresentar coloração anormal (DRUTA et al., 2001)

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 cromatismo, que fornece a intensidade ou saturação da cor; e a coordenada h° , que corresponde à tonalidade do material analisado.

Para grãos de café torrados e moídos a Associação Americana de Cafés Especiais (Specialty Coffee Association of America – SCAA) adotou um sistema específico para representar a cor dos grãos, em consequência o grau de torração. Nesse sistema, 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 café torrado e moído.

MATERIAL E MÉTODO

Caracterização do experimento

O trabalho foi conduzido utilizando como matéria-prima grãos de café (*Coffea arabica* L.), processados de forma natural (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. Os grãos beneficiados foram classificados quanto ao tamanho e à forma, para proporcionar uma maior homogeneidade do material. Para isso, foram utilizadas peneiras com diferentes perfurações, sendo selecionados somente grãos chatos retidos na peneira de 16/64 de polegada.

Com base na Instrução Normativa N° 8, de 11 de junho de 2003, foram retirados todos os grãos imperfeitos. 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 material com esse tipo de defeito apresentaram-se com a tonalidade mais clara quando comparados aos grãos perfeitos.

O processo de torração foi realizado empregando o torrador Atila modelo Gold Plus, utilizando 4kg do material preparado. 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 1.800RPM. 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 através do software Sitrad versão 4.11. Os dados coletados foram analisados e utilizados para a construção da curva de torra conforme mostrado na Figura 1.

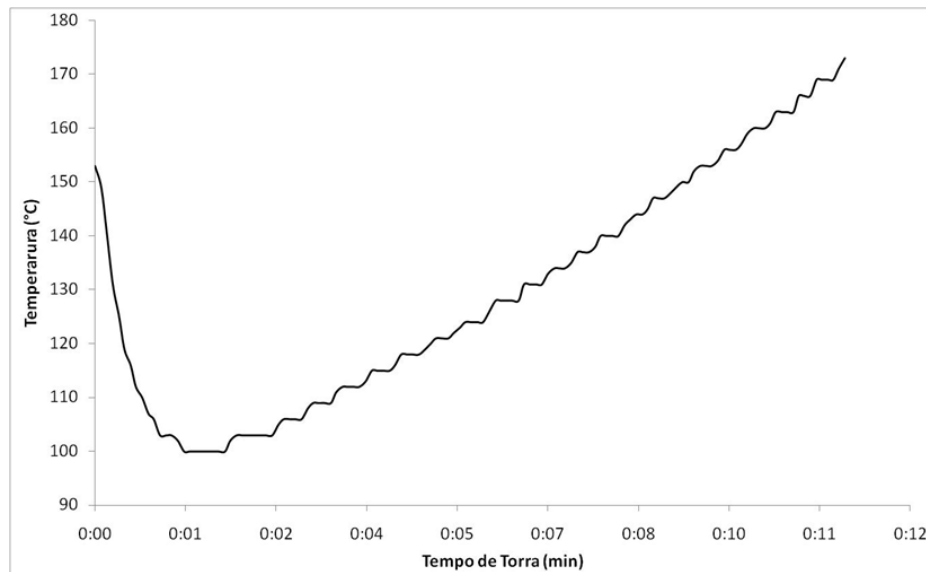


Figura 1. Curva de torra dos grãos de café preparados para a composição dos tratamentos.

Composição dos tratamentos

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. Na condução do trabalho foram definidos sete tratamentos, os quais correspondem a diferentes colorações dos grãos, posteriormente moídos em moinho de amostra Mahlkönig Guatemala (Hamburg, Alemanha) (Figura2). 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 através da 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	59,5
Cor 1	62,5
Cor 2	68,4
Cor 3	79,7
Cor 4	85,5
Cor 5	91,7
Quaker	99,6

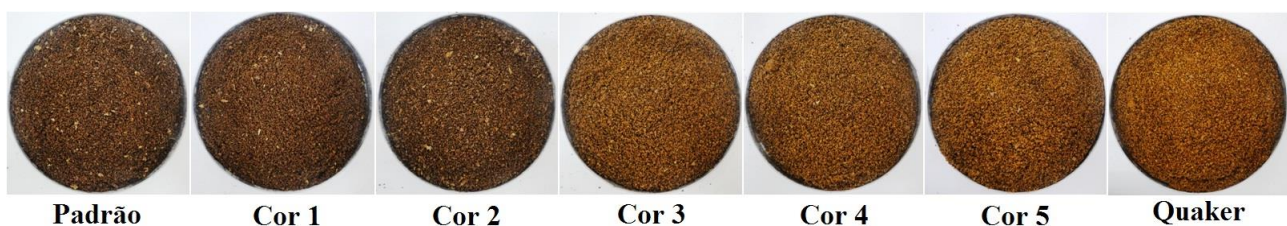


Figura 2. Representação dos diferentes tratamentos de café torrado e moído

Avaliação de Coloração

Para a avaliação de coloração os tratamentos foram submetidos ao processo de moagem em moinho de amostra Mahlkönig Guatemala (Hamburg, Alemanha).

Sistema Agtron

Baseando-se no protocolo da Associação Americana de Cafés Especiais (SCAA), a cor do café torrado e moído foi determinada utilizando-se 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 e moído 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°. O 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 sendo 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 delineamento inteiramente casualizado foi utilizado para a execução do trabalho, sete tratamentos foram definidos, os quais correspondem ao café torrado e moído 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 calorímetro, 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 calorímetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das avaliações de coloração para o sistema colorimétrico CIE L*a*b* são apresentados na Tabela 2. Observou-se que existe diferença significativa entre os valores de cada parâmetro avaliado. A coordenada que indica a luminosidade (L*) do café torrado e moído apresentou amplitude em relação aos extremos dos tratamentos de 13,39. Já para as coordenadas de cromaticidade, a* apresentou valor mínimo de 11,36 e máximo de 14,13, para a coordenada b* o mínimo e máximo foram 19,26 e 31,26 respectivamente. Todos os parâmetros variaram conforme os valores de referência (Agtron) dos tratamentos, desta forma, observa-se um aumento linear para essas coordenadas.

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	59,5	21,06	±1,28	11,89	±0,53	20,79	±1,53
Cor 1	62,5	21,31	±0,52	12,19	±0,23	21,51	±0,59
Cor 2	68,4	22,21	±1,09	12,28	±0,12	23,19	±0,48
Cor 3	79,7	27,35	±0,60	13,2	±0,28	26,79	±0,79
Cor 4	85,5	27,17	±1,21	13,03	±0,49	26,89	±0,99
Cor 5	91,7	29,72	±0,92	13,49	±0,27	28,73	±0,35
Quaker	99,6	32,63	±0,54	13,74	±0,39	30,43	±0,83
Coeficiente de Variação (%)		3,58		2,79		3,42	

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

Ao avaliar o sistema colorimétrico CIE L*c*h° os valores médios de coloração estão presentes na Tabela 3. Os valores de intensidade ou saturação da cor (c*) e de tonalidade (h°) do café torrado e moído apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. As coordenada c* e h°, com base no desvio padrão, apresentaram amplitudes de 11,95 e 6,35, respectivamente.

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 café torrado e moído.

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	59,5	21,06	±1,28	23,95	±1,59	60,23	±0,78
Cor 1	62,5	21,31	±0,52	24,72	±0,60	60,46	±0,44
Cor 2	68,4	22,21	±1,09	26,24	±0,44	62,10	±0,49
Cor 3	79,7	27,35	±0,60	29,87	±0,81	63,77	±0,42
Cor 4	85,5	27,17	±1,21	29,88	±0,40	64,15	±0,32
Cor 5	91,7	29,72	±0,92	31,74	±0,40	64,85	±0,32
Quaker	99,6	32,63	±0,54	33,39	±0,92	65,70	±0,10
Coeficiente de Variação (%)		3,58		3,15		0,77	

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

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

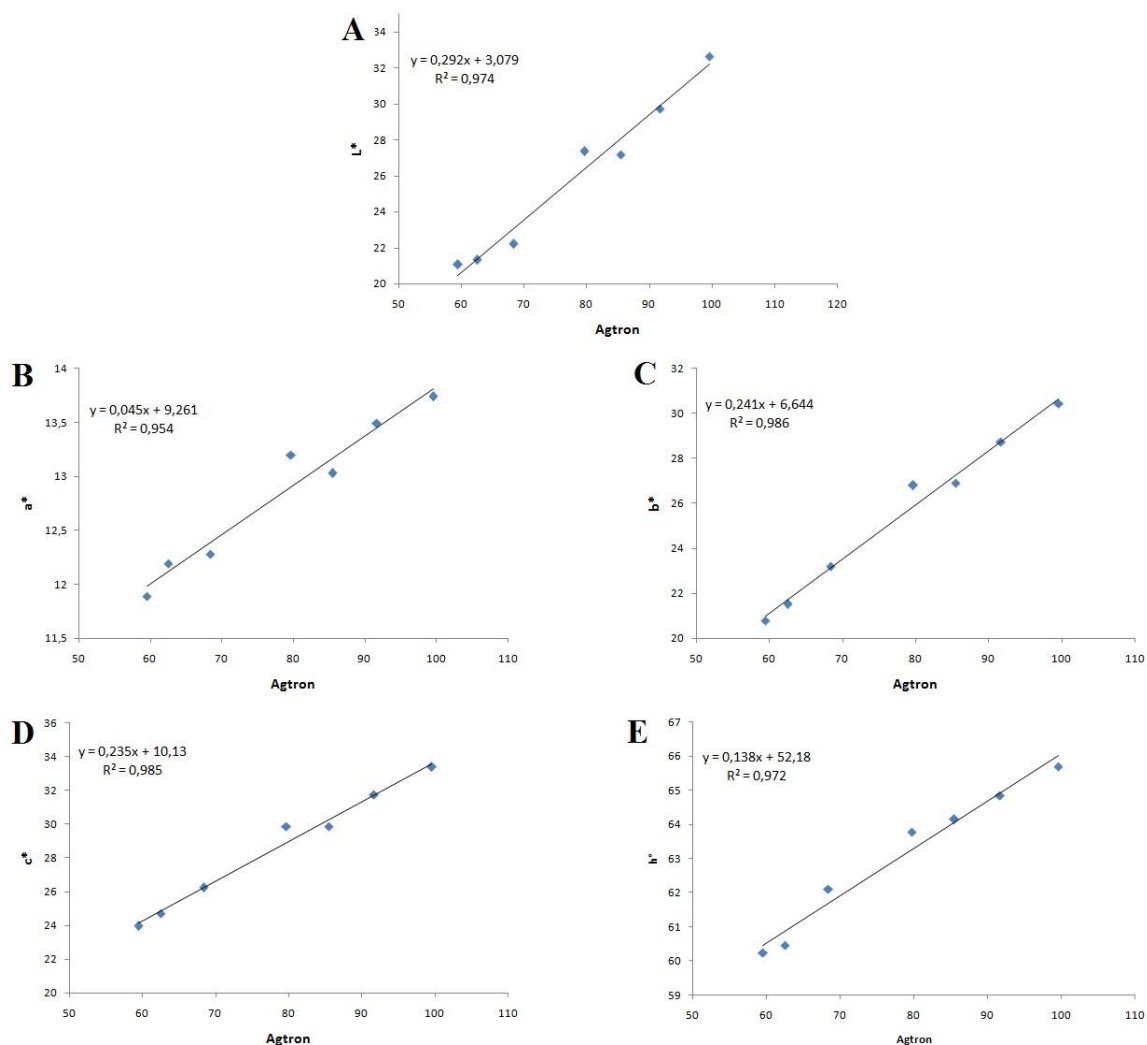


Figura 3. Equações ajustadas das medidas dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° como função das medidas do sistema Agtron para de café torrado e moído em diferentes colorações.

Os valores das coordenadas dos sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° apresentaram alta relação com os valores de referência dos tratamentos (Agtron). A partir dos ajustes foram obtidos coeficientes de determinação superiores a 0,95 indicando um bom ajuste do modelo linear de regressão (Figuras 3A – 3E).

Todas as coordenadas apresentaram um aumento dos valores de coloração, indicando uma relação linear direta entre os valores de referência (Agtron). Com base no ajuste dos modelos de regressão linear a coordenada b* foi a que apresentou a maior correlação (0,986), indicando ser um parâmetro eficiente para avaliar a coloração de café torrado e moído (Figura 3C).

CONCLUSÃO

Os sistemas CIE L*a*b* e CIE L*c*h° são métodos alternativo viáveis para a avaliação da coloração do café torrado e moído, pois ambos apresentaram alta relação com o sistema Agtron;

A coordenada b* é um parâmetro eficiente na avaliação da coloração do café torrado e moído.

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.
- BORGES, M. L. A. et al. Efeito da Torração em Parâmetros físicos de cafés de diferentes qualidades. *R. Bras. Armazenamento, Viçosa – Especial Café, MG*, 8, p. 6-13, 2004.
- CLARKE, R. J. Roasting and Grinding. In: Clarke, R. J.; MACRAE, R. (Eds.), *Coffee Vol. 2: Technology* (p. 73- 107), London: Elsevier Applied Science, 1987.
- DUTRA, E.R; OLIVEIRA. L.S.; FRANCA, A.S. FERRAZ, V.P.; AFONSO, R.J.C. A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of degree of roast. *J. Food Eng.*, v. 47, n. 3, p. 241-246, 2001
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia. Lavras*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FULL G. (2007), Manual do Usuário do Software Sitrad Versão 4.11, Full Gauge Controls. Canoas – RS.
- HERNANDEZ, J. A. et al. Analysis of the heat and mass transfer during coffee batch roasting. *Journal of Food Engineering*, 2006.
- 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.
- ILLY, A.; VIANI, R. Espresso coffee: the chemistry of quality. London: Academic, 1995. 253 p.
- LINGLE, T. R. The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.
- RODRIGUES, M. A. A. et al. Evaluation of Physical Properties of Coffee During Roasting. *Agricultural Engineering International The CIGR Journal Of Scientific Research And Development, Manuscript FP 03004*, v. 5, p. 1-12, 2003.
- SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. In: *Coffee Technology*. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company, 1979. 716 p.