

Cromaticidade de Semáforos de LEDs

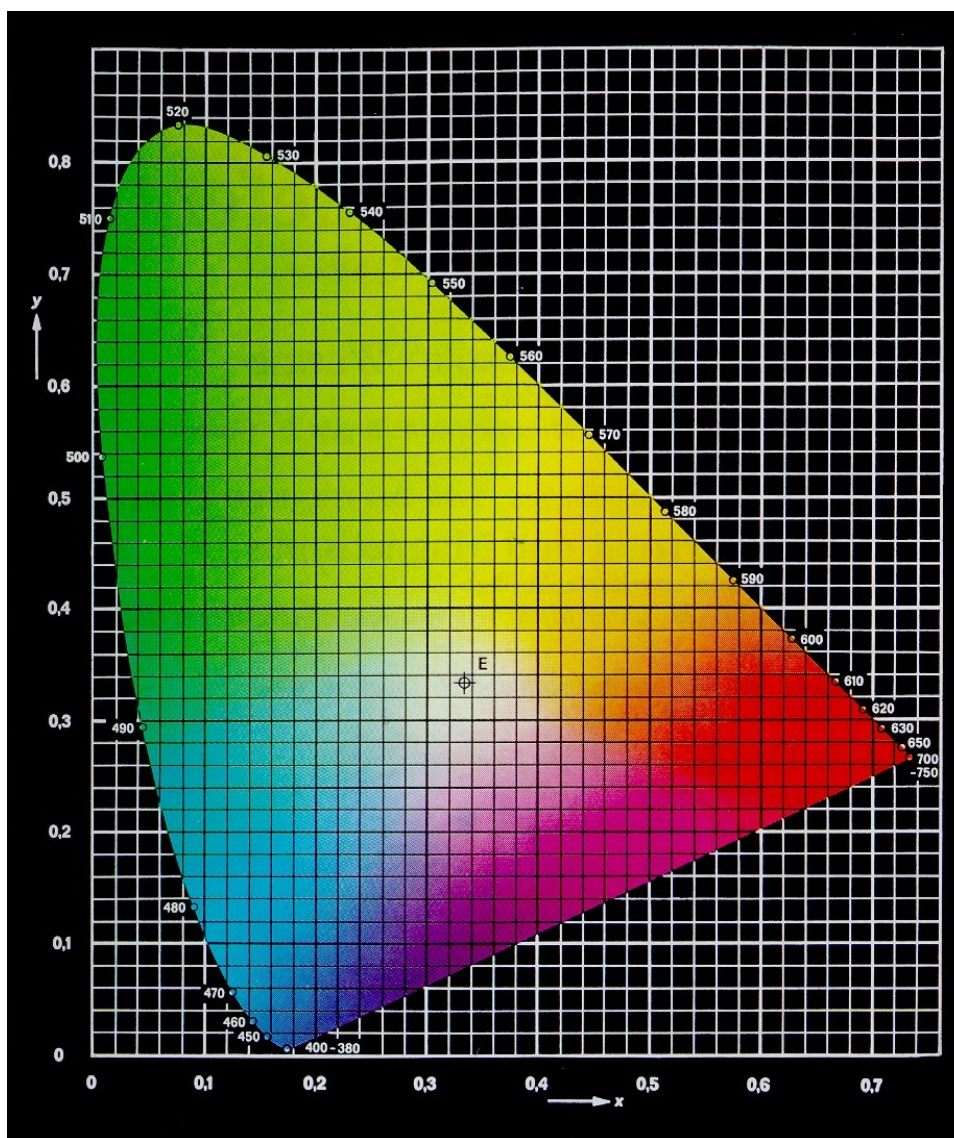
Ivan Kiyanitza *

A Comissão de Estudo de Sinalização Semafórica da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) está trabalhando, neste ano de 2007, no projeto de norma Sinalização Semafórica – Lâmpadas de LEDs. A norma que está servindo de base para o estudo é a norma americana ITE – 2005⁽⁰¹⁾ do Institute of Transportation Engineers.

Este artigo pretende sugerir uma forma prática tanto de especificar as coordenadas de cromaticidade, por parte dos consumidores de semáforos de LEDs, quanto de plotar, por parte dos fabricantes ou distribuidores de semáforos de LEDs, os dados de coordenadas de cromaticidade medidos pelos laboratórios de fotometria. Esta aproximação será doravante denominada método das 4 retas ou dos 4 pontos.

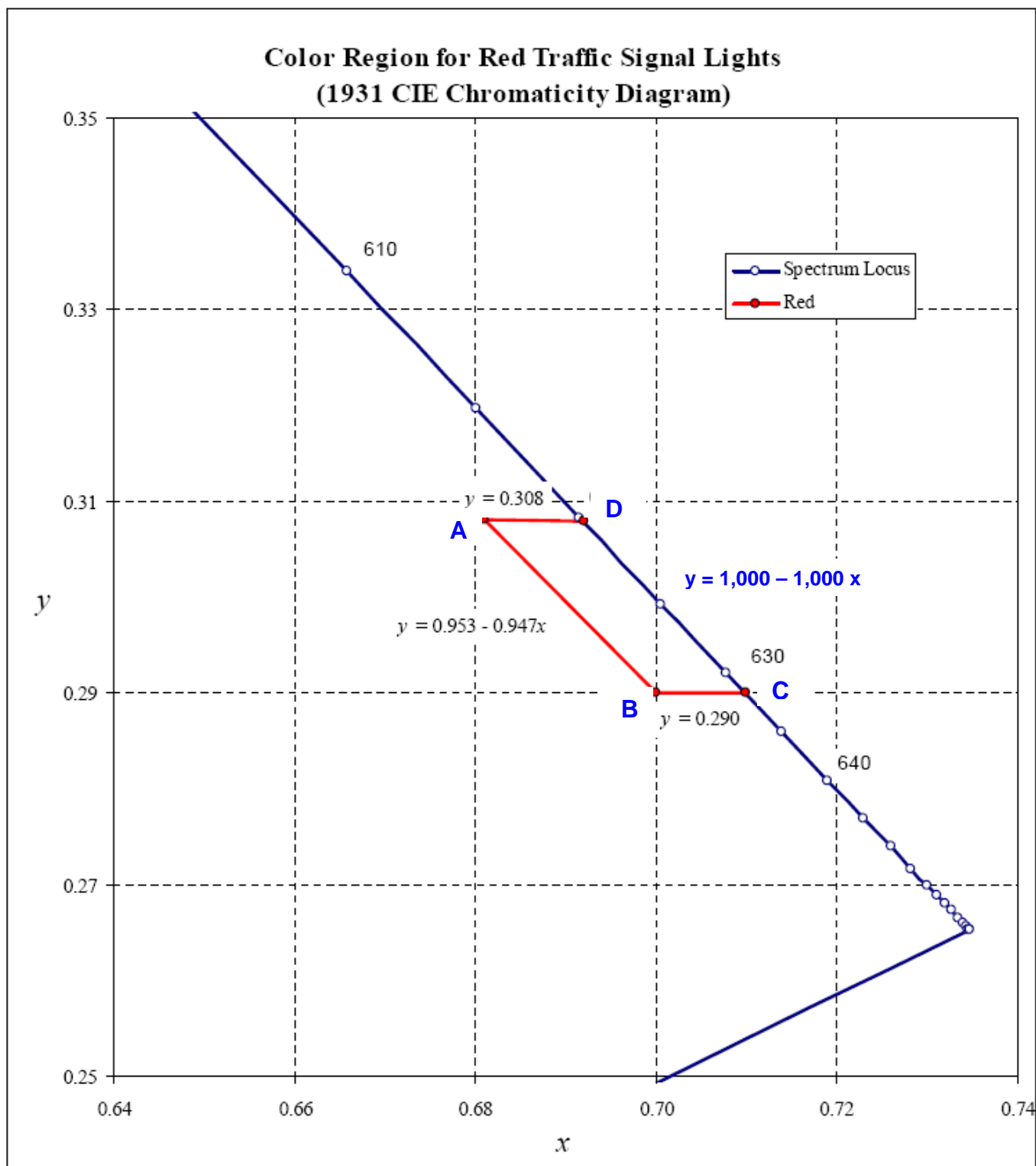
Para cromaticidade, esta norma toma como base o diagrama de cromaticidade desenvolvido em 1931 pelo CIE (Commission Internationale d'Eclairage) que ainda é usado como uma referência padrão para a definição de cores. O escritório central do CIE fica em Viena, Áustria⁽⁰²⁾.

O diagrama de cromaticidade desenvolvido em 1931 pelo CIE, com incontáveis referências na literatura mundial e na Internet, está apresentado abaixo.



Os membros do ITE, que fizeram a norma ITE – 2005⁽⁰¹⁾, definiram 3 regiões planas para as cores vermelha, amarela e verde. As coordenadas de cromaticidade dos módulos de LEDs deverão ficar no interior das regiões definidas nas páginas 18, 19 e 20 da norma.

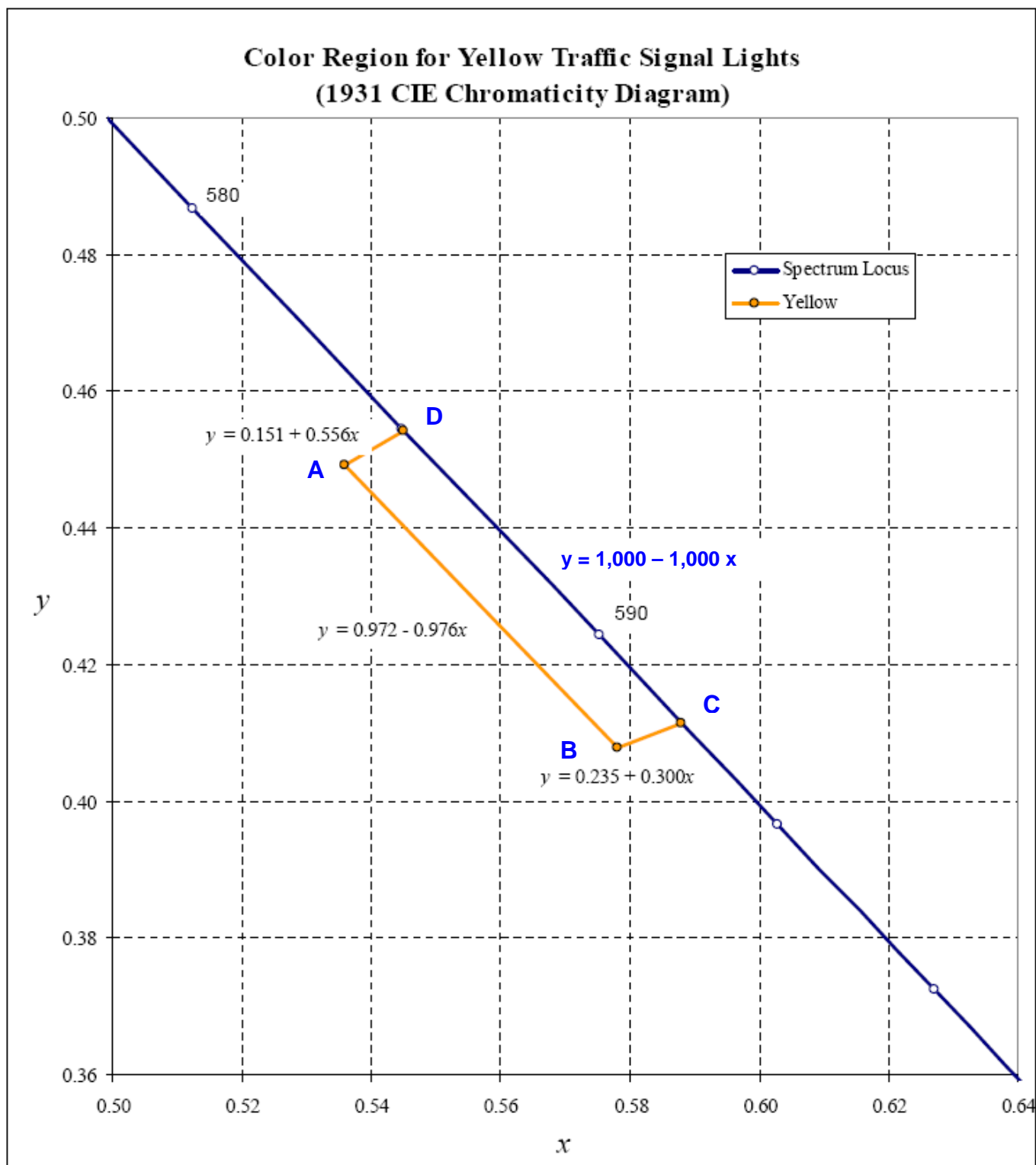
A norma ITE – 2005 ⁽⁰¹⁾ na página 18 apresenta a região padronizada para a cor **vermelha**. Foram definidos como **A, B, C** e **D** os pontos de intersecção das retas e calculada a equação da **reta CD azul**.



Ponto	x	y
A	0,681	0,308
B	0,700	0,290
C	0,710	0,290
D	0,692	0,308

Reta	Equação
AB	$y = 0,953 - 0,947 x$
BC	$y = 0,290$
CD	$y = 1,000 - 1,000 x$
DA	$y = 0,308$

A norma ITE – 2005 ⁽⁰¹⁾ na página 19 apresenta a região padronizada para a cor **amarela**. Foram definidos como **A, B, C** e **D** os pontos de intersecção das retas e calculada a equação da **reta CD azul**.

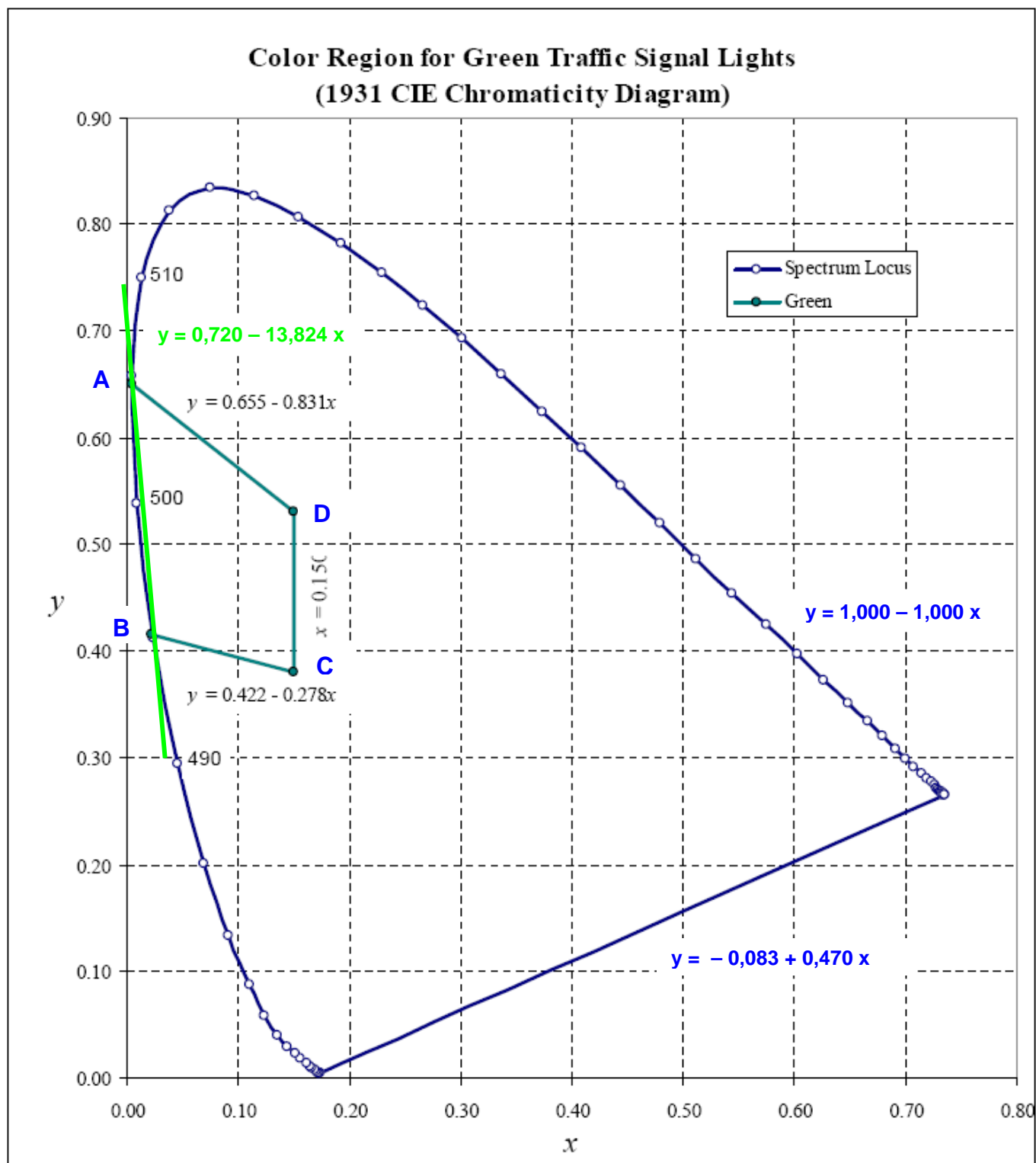


Ponto	x	y
A	0,536	0,449
B	0,578	0,408
C	0,588	0,412
D	0,546	0,454

Reta	Equação
AB	$y = 0,972 - 0,976 x$
BC	$y = 0,235 + 0,300 x$
CD	$y = 1,000 - 1,000 x$
DA	$y = 0,151 + 0,556 x$

A norma ITE – 2005 ⁽⁰¹⁾ na página 20 apresenta a região padronizada para a cor **verde**.

Foram definidos como **A**, **B**, **C** e **D** os pontos de intersecção das retas e calculada a equação da **reta AB verde**.



Ponto	x	y
A	0,005	0,651
B	0,022	0,416
C	0,150	0,380
D	0,150	0,530

Reta	Equação
AB	$y = 0,720 - 13,824 x$
BC	$y = 0,422 - 0,278 x$
CD	$x = 0,150$
DA	$y = 0,655 - 0,831 x$

Para as cores **vermelha** e **amarela** a própria norma ITE – 2005 ⁽⁰¹⁾ definiu os quadriláteros **ABCD**.

Para a cor **verde** foi feita uma aproximação ao se inserir no diagrama de cromaticidade CIE 1931 a **reta AB**. A área perdida por esta aproximação é muito pequena perante a totalidade da área verde padronizada pela norma ITE – 2005 ⁽⁰¹⁾. Em termos práticos, fica muito fácil fazer uma especificação técnica dizendo que as coordenadas de cromaticidade devem ficar no interior da área dos quadriláteros **ABCD** para cada uma das cores utilizando o método dos 4 pontos.

COR VERMELHA		
Ponto	x	y
A	0,681	0,308
B	0,700	0,290
C	0,710	0,290
D	0,692	0,308

COR AMARELA		
Ponto	x	y
A	0,536	0,449
B	0,578	0,408
C	0,588	0,412
D	0,546	0,454

COR VERDE		
Ponto	x	y
A	0,005	0,651
B	0,022	0,416
C	0,150	0,380
D	0,150	0,530

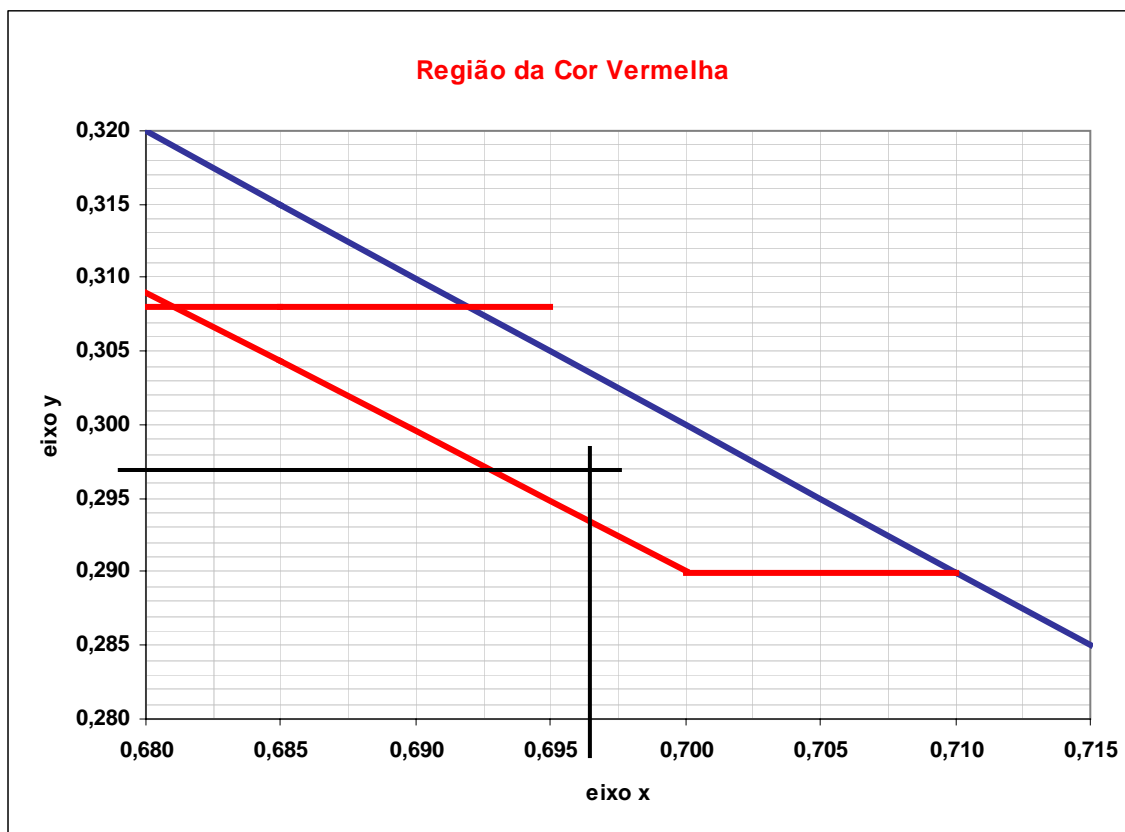
Para os fabricantes ou distribuidores de semáforos de LEDs fica fácil plotar, mediante o Microsoft Excel, as coordenadas de cromaticidade fornecidas pelos laboratórios de fotometria utilizando o método das 4 retas.

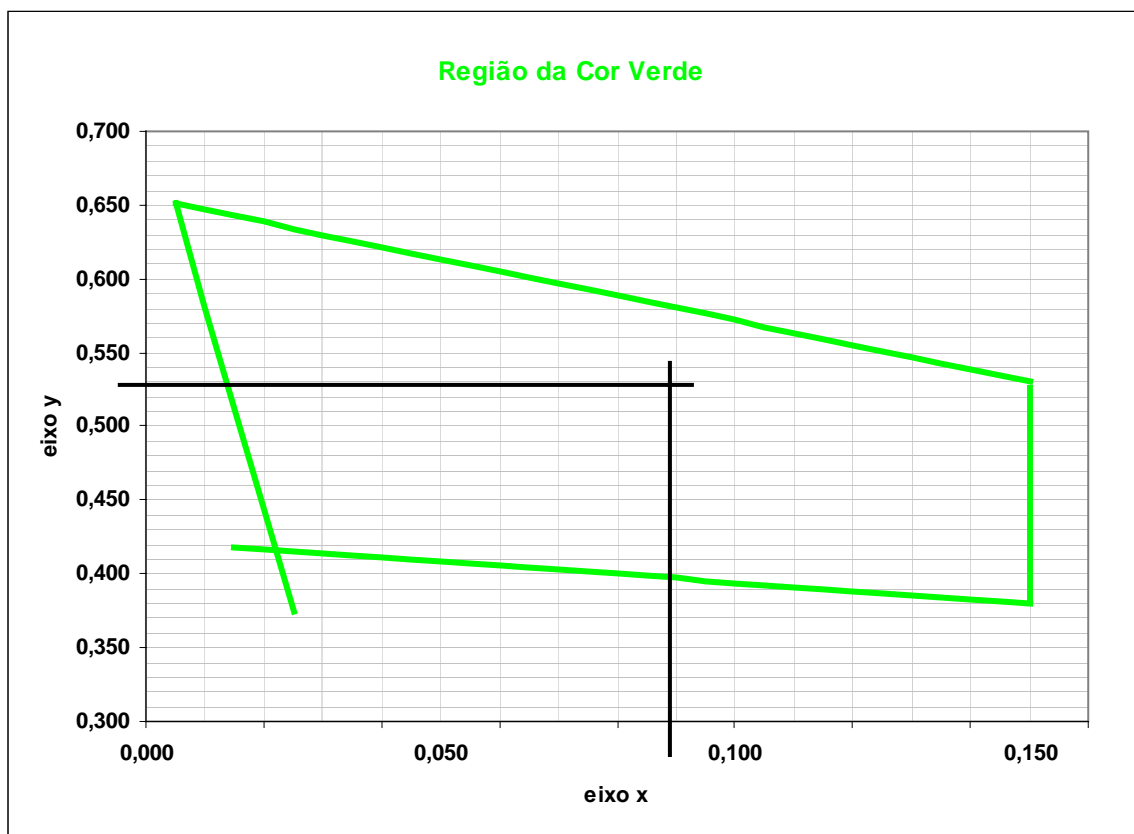
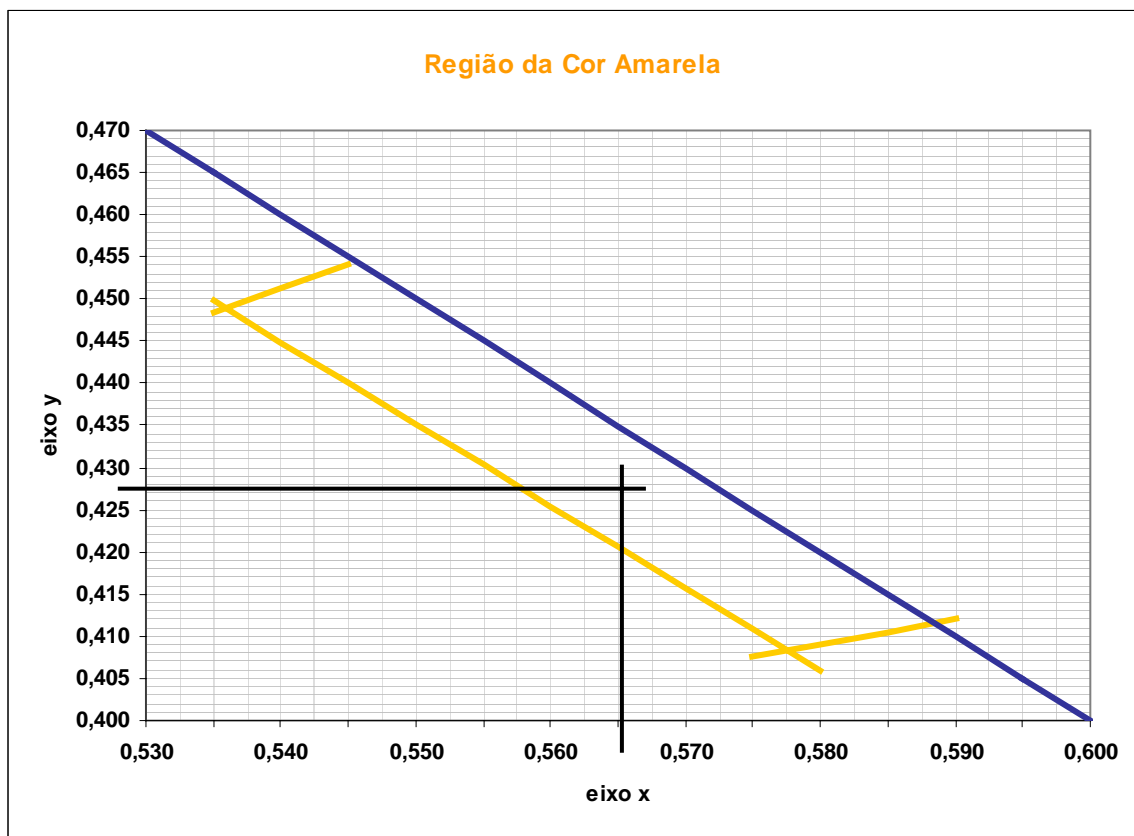
COR VERMELHA	
Reta	Equação
AB	$y = 0,953 - 0,947 x$
BC	$y = 0,290$
CD	$y = 1,000 - 1,000 x$
DA	$y = 0,308$

COR AMARELA	
Reta	Equação
AB	$y = 0,972 - 0,976 x$
BC	$y = 0,235 + 0,300 x$
CD	$y = 1,000 - 1,000 x$
DA	$y = 0,151 + 0,556 x$

COR VERDE	
Reta	Equação
AB	$y = 0,720 - 13,824 x$
BC	$y = 0,422 - 0,278 x$
CD	$x = 0,150$
DA	$y = 0,655 - 0,831 x$

Plotar no Microsoft Excel as 4 retas de cada uma das cores e colocar as **retas pretas** com as coordenadas de cromaticidade fornecidas pelos laboratórios de fotometria.





Resta apenas o raro caso do fabricante cujo módulo focal verde caiu justo na área verde desprezada. Para este caso deve ser feita uma verificação de acordo com a página 20 da norma ITE – 2005⁽⁰¹⁾.

Apenas como curiosidade, estão apresentadas abaixo as equações de polinômios de grau 6 que muito se aproximam das partes curvas do diagrama de cromaticidade CIE 1931.

Parte Superior

$$y = -141,977 x^6 + 352,995 x^5 - 346,183 x^4 + 170,511 x^3 - 44,521 x^2 + 4,965 x + 0,656$$

Parte Inferior

$$y = 61,550 x^6 - 189,380 x^5 + 236,420 x^4 - 152,560 x^3 + 52,650 x^2 - 9,000 x + 0,600$$

Bibliografia

01. Vehicle Traffic Control Signal Heads – Light Emitting Diode (LED) Circular Signal Supplement – June 27, 2005
http://www.ite.org/standards/VTCSH_LED_Circular_Signal_Final.pdf
02. http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

* Ivan Kiyantza

Engenheiro Eletrônico pelo ITA, 1970

Mestre em Ciências pela COPPE – UFRJ, 1976

Gerente de Sistemas Inteligentes de Transportes – ITS

Sinalisa Segurança Viária Ltda.

Membro da Comissão de Estudo de Sinalização Semafórica da ABNT/CB-16