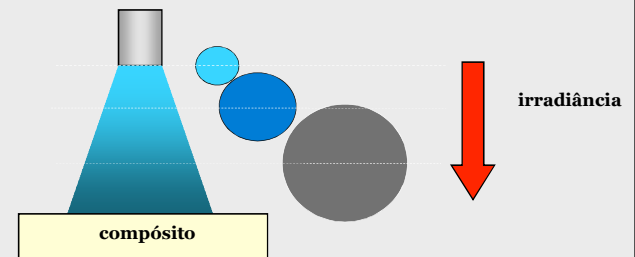


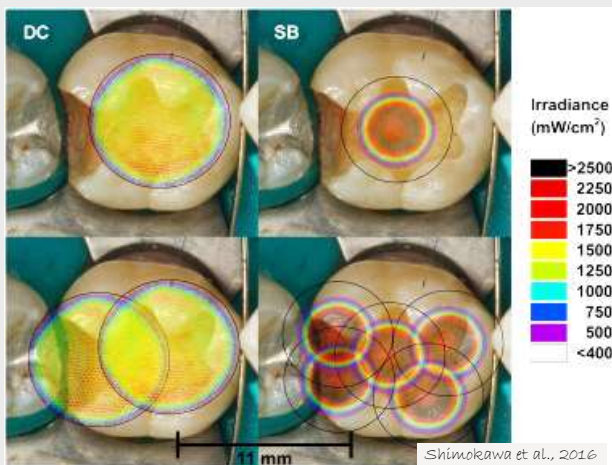
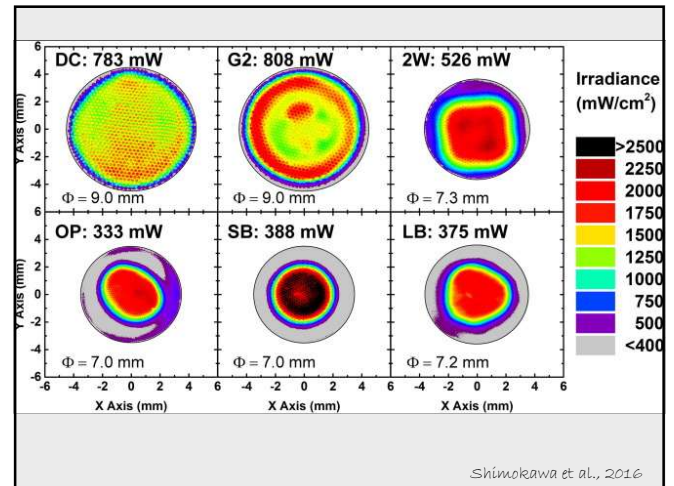
Aspectos Quantitativos - Irradiância (mW/cm²)

- potência da fonte de luz (em Watts)
- qualidade dos espelhos, filtros e feixe de fibras ópticas do aparelho
- Área irradiada (cm²):
 - Diâmetro da ponta
 - Distância entre a ponta e a superfície do compósito

O feixe de luz é divergente !!!



Um bom fotopolimerizador deve fornecer irradiância acima de **600 mW/cm²**



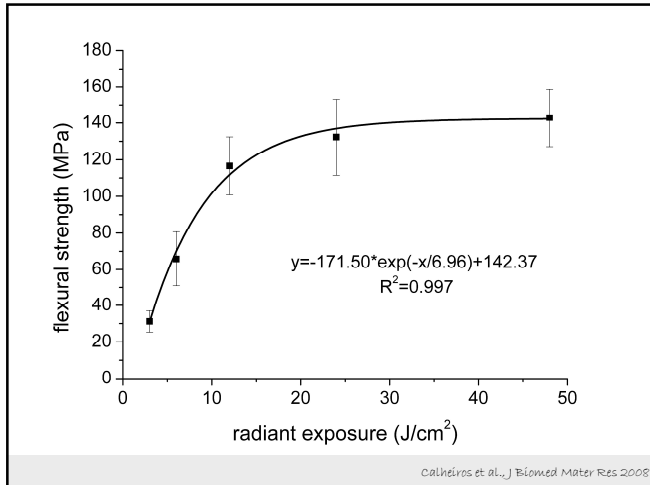
Aspectos Quantitativos -

Dose (mJ/cm²) ou densidade de energia

$$\text{irradiância} \times \text{tempo de irradiação} = \text{dose}$$

$$\text{mW/cm}^2 \times \text{s} = \text{mW.s/cm}^2 = \text{mJ/cm}^2$$

Para a maioria dos compósitos, a **dose** necessária para garantir um alto GC em uma espessura de 2 mm de material está entre **12 e 18 J/cm²**

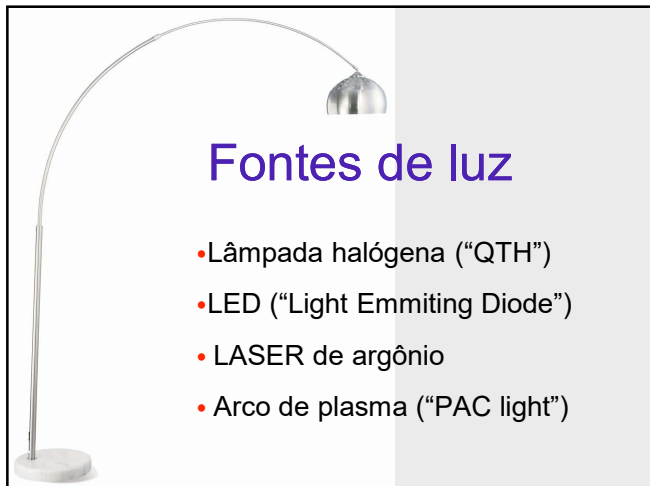


Portanto:

1. quanto mais concentrada ao redor de 468 nm (para a canforoquinona),
2. quanto maior for potência da fonte de luz,
3. menor for a área irradiada,
4. e maior for o tempo de irradiação...

...maior será o grau de conversão!

Dentro de limites, é possível compensar uma baixa irradiância prolongando-se o tempo de irradiação.



Aparelhos de lâmpada halógena (quartzo-tungstênio-halogênio)

- Incandescente
- Policromática
- Vida útil do filamento limitada
- Baixa eficiência



Aparelhos de LED (light-emmiting diode)

- Eletroluminescência
 - movimentação de elétrons em materiais semicondutores submetidos a corrente elétrica
- Espectro é concentrado no azul



FOLHA DE S. PAULO

★ ★ ★ UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

Quarta-feira, 23 de outubro de 2014 12:30

Opinião • Política • Mundo • Economia • Cotidiano • Esportes • Cultura • PS • Tec • Classificados • Blogs • Seções • 21°C São Paulo

ciência

Japoneses inventores do LED azul ganham o Nobel de física

RAFAEL GARCIA DE SÃO PAULO

07/10/2014 07:03 - Atualizado às 21:00

A invenção dos LEDs (diodos emissores de luz) azuis, que permitiu a criação de fontes de luz branca brilhantes e eficientes, deu o Prêmio Nobel de Física a três cientistas japoneses, um deles naturalizado americano.

Isamu Akasaki, 85, e Hiroshi Amano, 54, da Universidade de Nagoya (Japão), e Shuji Nakamura, 60, da Universidade da Califórnia em Santa Barbara (EUA), receberam, cada um, um terço do prêmio de 8 milhões de coroas suecas (R\$ 2,67 milhões).

LUMINOSIDADE EFICIENTE
Como foram criados os LEDs, os diodos emissores de luz, em diversas cores

A CIÊNCIA

Os LEDs são compostos de três camadas: uma de material condutor (inferior), uma de material isolante (intermediária) e uma de material semicondutor (superior). Quando é aplicada corrente elétrica, elétrons e fônons (ondas de vibração) migram para a camada central, onde se recombinam e emitem luz durante esse processo.

1 Quando é aplicada corrente elétrica, elétrons e fônons (ondas de vibração) migram para a camada central, onde se recombinam e emitem luz durante esse processo.

2 LEDs vermelhos e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

3 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

4 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

5 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

6 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

7 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

8 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

9 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

10 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

11 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

12 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

13 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

14 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

15 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

16 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

17 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

18 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

19 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

20 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

21 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

22 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

23 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

24 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

25 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

26 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

27 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

28 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

29 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

30 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

31 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

32 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

33 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

34 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

35 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

36 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

37 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

38 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

39 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

40 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

41 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

42 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

43 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

44 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

45 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

46 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

47 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

48 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

49 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

50 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

51 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

52 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

53 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

54 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

55 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

56 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

57 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

58 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

59 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

60 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

61 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

62 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

63 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

64 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

65 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

66 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

67 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

68 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

69 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

70 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

71 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

72 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

73 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

74 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

75 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

76 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

77 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

78 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

79 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

80 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

81 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

82 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

83 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

84 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

85 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

86 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

87 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

88 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

89 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

90 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

91 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

92 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

93 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

94 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

95 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

96 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

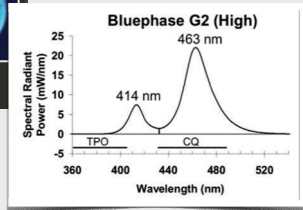
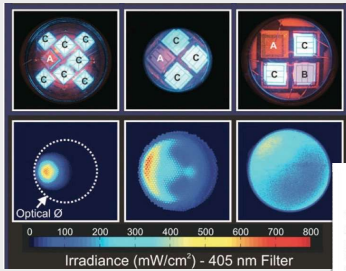
97 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

98 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

99 A criação do LED azul permitiu desenvolver iluminação branca, em combinação com os LEDs verde e vermelho.

100 LEDs azuis e verdes já eram produzidos há décadas, mas só em 1993 os cientistas inventaram um método viável de fabricar LEDs azuis.

LED "polywave"



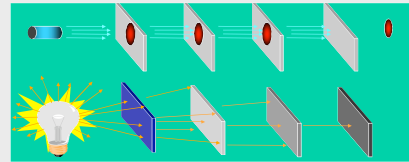
Price et al., J Esthet Rest Dent 2010

Aparelhos de LASER

("light amplification by stimulated emission of radiation")



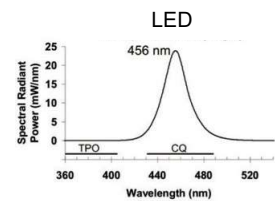
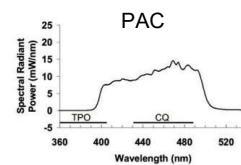
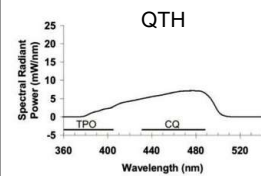
- Monocromático
- Não-divergente ("colimado")
- Feixe de luz coerente
- Custo elevado



Aparelhos de Arco de plasma

("PAC lights")

- Eletrodos de tungstênio em gás condutor
- Espectro de emissão muito amplo (calor)
- Irradiância $>1000 \text{ mW/cm}^2$
- "Marketing": fotoativação em 3 s (não comprovado em pesquisas)



Price et al., J Esthet Rest Dent 2010