

# DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO PARA FOTOTERAPIA UTILIZADO EM UNIDADES DE TRATAMENTO INTENSIVO NEONATAL E BERÇÁRIO

Sousa, N.H.L<sup>1</sup>, Lima, C.J<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduação de Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Av. Shishima Hifumi, 2911, CEP – 12244-000, São José dos Campos, SP  
FONE: +55 12 3947-2031

<sup>2</sup>Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D), Av. Shishima Hifumi, 2911, CEP – 12244-000, São José dos Campos, SP  
FONE: +55 12 3947-1142  
[nadirhelenah@yaho.com.br](mailto:nadirhelenah@yaho.com.br)

**Resumo** – A icterícia é definida como coloração amarelada da pele, escleróticas e membranas mucosas conseqüente à deposição, nesses locais, de pigmento biliar (bilirrubina), o qual se encontra em níveis elevados no plasma (hiperbilirrubinemia). Os locais onde a icterícia é mais freqüente percebida são conjuntiva ocular e pele. Dois terços dos recém-nascidos desenvolvem icterícia na primeira semana de vida extra-uterina. A fototerapia constitui-se na modalidade terapêutica mais utilizada mundialmente no tratamento da hiperbilirrubinemia neonatal. A eficácia da fototerapia é dependente da absorção de fótons de luz pelas moléculas de bilirrubina, onde o comprimento de onda predominante no espectro azul é de 425 – 475 nm e o valor limiar de dose clínica eficaz no tratamento da icterícia pela fototerapia é de  $4 \mu W/cm^2/nm$ . Para o desenvolvimento de equipamento de fototerapia a luz LED azul, foi analisada a irradiação de um equipamento convencional (com lâmpadas fluorescentes) a fim de que o novo equipamento seja igual ou similar à intensidade emitida.

**Palavres-chave:** Icterícia neonatal, fototerapia.

## Introdução

A icterícia é definida como coloração amarelada da pele, escleróticas e membranas mucosas conseqüente à deposição, nesses locais, de pigmento biliar (bilirrubina), o qual se encontra em níveis elevados no plasma (hiperbilirrubinemia). Reflete perturbações na produção e/ou em passos do metabolismo/excreção da bilirrubina e pode ser manifestação clínica de numerosas doenças hepáticas e não hepáticas. Os locais onde a icterícia é mais freqüente percebida são conjuntiva ocular e pele [Martinelli, 2004].

Estima-se que aproximadamente 60% dos RNs, saudáveis ou enfermos, desenvolvem níveis sérios de bilirrubina superiores a 5mg%, ou seja, detectáveis no exame clínico. As causas são diversas, e o tipo de tratamento dependerá do nível de bilirrubina, presença de incompatibilidade sanguínea, peso, idade cronológica e comorbidades associadas. O principal objetivo do tratamento da hiperbilirrubinemia é a prevenção da impregnação cerebral pelo pigmento

amarelo e suas complicações neurológicas graves, como *kernicterus* [Carvalho, 2001].

A fototerapia constitui-se na modalidade terapêutica mais utilizada mundialmente no tratamento da hiperbilirrubinemia neonatal causada pelo aumento dos níveis de bilirrubina indireta (lipossolúvel, não conjugada). A eficácia da fototerapia é dependente da absorção de fótons de luz pelas moléculas de bilirrubina [Carvalho, 1991, Colvero, 2005].

Os fatores que determinam a eficácia da fototerapia são:

*Espectro da luz emitida* – a luz mais efetiva é aquela com comprimento de onda predominante no espectro azul (425 – 475 nm) devida às propriedades da bilirrubina e da pele [Colvero, 2005].

*Irradiância da fonte de luz* – a irradiância emitida por uma fototerapia é inversamente proporcional à distância entre a fonte luminosa e o paciente<sup>7</sup>. A menor dose clínica eficaz no tratamento da icterícia pela fototerapia é de  $4 \mu W/cm^2/nm$ , por outro lado, parece haver uma saturação da fotoisomerização da bilirrubina com

irradiâncias superiores a  $40\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$  [Martinelli, 2004, Colvero, 2005].

*Área de superfície corporal do Bebê exposta a luz* – quanto maior a área exposta à luz, maior a eficácia da fototerapia. Uma estratégia a ser aplicada são as superfícies refletoras colocadas lateralmente ou sob o RN [Vieira, 2004].

*Distância entre o Bebê e a fonte de luz* - quanto maior a proximidade do equipamento do RN, maior a eficácia do tratamento. A irradiância da fototerapia convencional quando colocada a 30 cm do RN passa de  $4\mu\text{W}/\text{cm}^2/\text{nm}$ , entretanto, pode haver superaquecimento e dificuldade para manusear o RN quando colocado a uma distância muito pequena [Colvero, 2005, Vieira, 2004].

*Concentração inicial da bilirrubina* – estima-se que a dose da fototerapia para diminuir a bilirrubina de 20 mg% para 7 mg% é a mesma necessária para baixar de 10 mg% para 5 mg%.

Os equipamentos mais utilizados nos hospitais, principalmente em hospitais públicos, são constituídos de lâmpadas fluorescentes azuis, onde este módulo de radiação é constituído de seis unidades [Carvalho, 1999]. Os LEDs (Light Emitting Diode) são elementos luminosos revolucionários, com características diferentes das tradicionais lâmpadas. Estes diodos emissores de luz (constituída por dois eletrodos – catodo e ânodo) fazem com que os elétrons existentes no seu interior, se excitam em função de uma determinada tensão elétrica, emitindo assim energia luminosa. Suas vantagens em relação às lâmpadas clássicas, são: muito mais resistentes, poupam mais energia, bem como possuem uma maior longevidade de funcionamento.

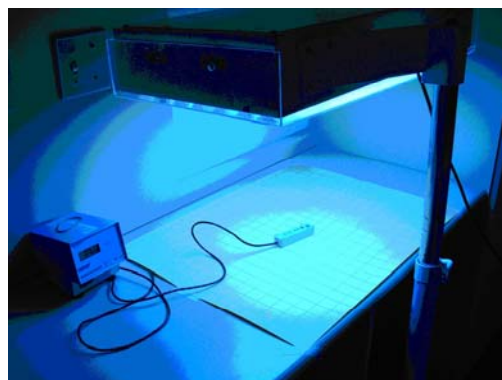
O objetivo deste trabalho será junto com o Hospital Santa Casa de Misericórdia de São José dos Campos, desenvolver um sistema de fototerapia, denominado “FotoLED”, com “LEDs azuis” que possam atingir as mesmas características com relação ao equipamento convencional constituído de lâmpadas fluorescentes.

## Materiais e Métodos

Primeiramente foi necessário caracterizar os LEDs para verificar a sua eficácia no tratamento. Cada LED apresenta como característica de emissão de luz um comprimento de onda de 460nm

e uma potência óptica medida de aproximadamente 4,2mW sob condições de uma tensão elétrica de 3,5V e corrente de 20mA.

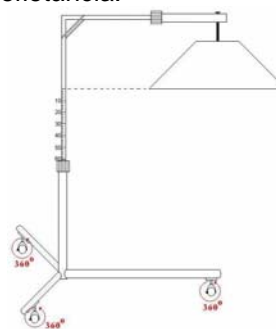
Com o Medidor de Irradiância (Fanem MOD.620) mediu-se a intensidade emitida pelo equipamento desenvolvido (FotoLED) ao ligar e após uma hora de funcionamento. O mesmo procedimento foi realizado com um equipamento convencional (lâmpadas fluorescentes) e suas intensidades sobrepostas para possíveis análises.



**Figura 1** – Medição da Irradiação do equipamento de fototerapia convencional para 30cm, 40cm e 50cm de altura.

O “FotoLED” consiste em 45 LEDs azuis idênticos dispostos na base da luminária, cada LED com uma tensão de 3,5V e corrente de 20mA. Este conjunto de LEDs emite luz de cima para baixo para que atinja o recém-nascido que estará deitado no berço ou incubadora.

Para se aproveitar a luz periférica, que normalmente seria perdida, as paredes laterais internas da luminária são constituídas de alumínio polido, devido a sua alta refletância.



**Figura 2** – Protótipo do equipamento desenvolvido.

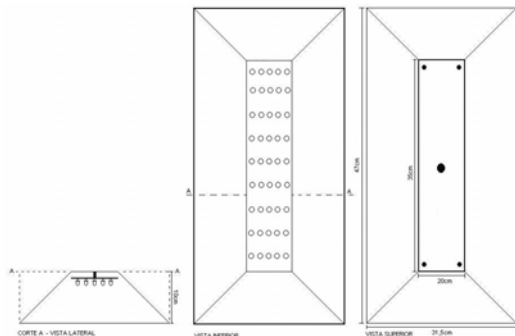
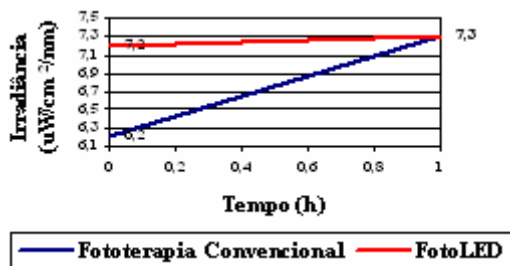


Figura 3 – Foco e suas dimensões (470x315x100mm).

## Resultados

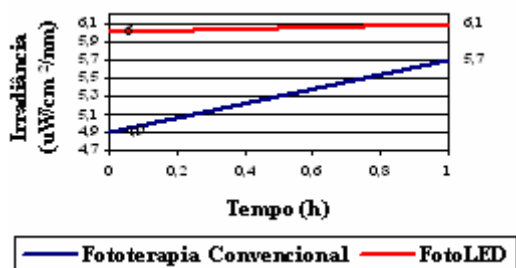
De acordo com a literatura, o “FotoLED” atingiu a intensidade mínima que um equipamento deve ter para que o tratamento seja eficaz ( $>4 \mu W/cm^2/nm$ ).

Gráfico 1 – Irradiância dos equipamentos a 30 cm de altura.



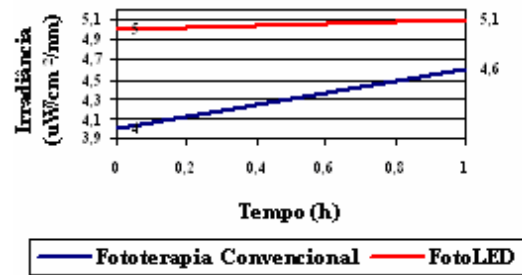
FotoLED com intensidade de  $7,2 \mu W/cm^2/nm$  ao ligar e  $7,3 \mu W/cm^2/nm$  após “warm up” a 30 cm de altura.

Gráfico 2 – Irradiância dos equipamentos a 40 cm de altura.



FotoLED com intensidade de  $6,0 \mu W/cm^2/nm$  ao ligar e  $6,1 \mu W/cm^2/nm$  após “warm up” a 40 cm de altura.

Gráfico 3 – Irradiância dos equipamentos a 50 cm de altura.



FotoLED com intensidade de  $5,0 \mu W/cm^2/nm$  ao ligar e  $5,1 \mu W/cm^2/nm$  após “warm up” a 50 cm de altura.

## Discussão

A icterícia é a patologia mais freqüente no período neonatal. Apesar da alta incidência, sua abordagem clínica continua cercada de controvérsias. O ato de expor à luz, ao iniciar a fototerapia, não implica, necessariamente, que o RN esteja recebendo tratamento adequado. Fatores que, inicialmente, parecem ter pouca relevância podem interferir de forma determinante na eficácia do tratamento [Maisels,2000].

A eficácia da fototerapia está na dependência direta da quantidade de energia liberada na faixa de onda correspondente à absorção da luz pela molécula de bilirrubina. Inúmeros trabalhos demonstraram que, quanto maior é a irradiância nesta faixa, maior e mais rápida é a queda na concentração séria da bilirrubina (Tan,1992).

Como a fototerapia age a nível da pele do recém-nascido, é óbvio que, quanto maior a área da superfície corporal iluminada, maior a eficácia da fototerapia (Weise e Ballwitz, 1982).

Sisson *et al.* (1970) e Mimms *et al.* (1973) foram os primeiros a demonstrar uma relação positiva entre a dose de irradiância e resposta terapêutica.

A área corporal de um recém-nascido a termo pesando 3.5kg é de  $2200cm^2$ . Assumindo-se que a parte anterior (ou posterior) do corpo é de aproximadamente igual a 25% da superfície corporal total, deduz-se que a área iluminada por uma fototerapia convencional é de cerca de  $550 cm^2$  (Maisels,1996). Em pacientes no “FotoLED” esta área exposta à luz é relativamente igual à fototerapia convencional.

## Conclusão

O objetivo de se desenvolver o FotoLED foi motivada pela baixa eficácia clínica dos equipamentos de fototerapia convencionais para o tratamento de icterícia em recém-nascidos. Entretanto, resultados preliminares sugerem que a eficácia de fototerapias para tratamento de icterícia neonatal podem ser significantes com o uso do “FotoLED”, por ser constituído de uma fonte luminosa que não provoca alterações no sistema hídrico do RN.

### Referências Bibliográficas

-COLVERO, A., Fototerapia. Módulo de ensino. Scientia Medica, (Porto Alegre) v.15,n.2, 2005.

-MATINELLI, A.L.C., Icterícia, Simpósio Semiologia, cap.IV, Ribeirão Preto,37:246-252, 2004.

-VIEIRA, A. A., O uso da Fototerapia em recém-nascidos:avaliação da prática clínica. Rev. Bras. Saúde Matern. Infant., Recife, 4 (4):359-366, 2004.

-CARVALHO, M. Tratamento da icterícia neonatal. J.Pediatr (Rio J), 77:S71-80, 2001.

-CARVALHO, M. Fototerapia integral de alta intensidade para o tratamento da icterícia do recém-nascido. Revista Brasileira de Engenharia Biomédica, v.15, n.3, p.109-113, 1999.

-ENNEVER, J.F., SOBEL, M., MCDONAGH, A.F., “Phototherapy for Neonatal Jaundice: in vitro: Comparison of Lights Sources”, Pediatric Research, v.18, p. 667-669, 1984.

-MAISELS, M.J. Phototerapy. In: Maisels, M.J., Watcho, J.F.editors. Neonatal jaundice. Amsterdam: Harwood Academic; p.177-203, 2000.

-CARVALHO, M., LOPES, J.M.A. Qual o tempo de vida útil de lâmpadas fluorescentes para fototerapia? J. Peditatr., vol.67,pp.151-156,1991.

-MAISELS, M.J. “Why Use Homeopathic Doses of Phototherapy?” Pediatrics, v.98, p.238-287, 1996.

-MIMMS,L., ESTRADA, M., GORDEN, D. “Thototherapy for Neonatal

Hyperbilirubinemia – A Dose: Response Relationship” Journal of Pediatrics, v.83, p.658-662, 1973.

-SISSON, T.R.C., KENDALL, N., DAVIES, R. “Factors Influencing the Effectiveness of Phototherapy in Neonatal Hyperbilirubinemia: Bilirubin Metabolism in the Newborn”. Birth Defects. Original Article Series VI, v.100, p.1-32, 1970.

-WEISE, G., BALLOWITZ, L. “A Mathematical Description of the Temporal Changes in Serum Bilirubin Concentration During Phototherapy in Newborn Infants”. Biology of Neonate, v.42, p.222-225, 1982.

-TAN, K.L., LIM, G.C., BOEY, K.W. Efficacy of ‘High Intensity’ Blue light and ‘Standard’ Daylight Phototherapy for Non-hemolytic Hiperbilirubinemia” Acta Paediatrica Scandinavica, v.81, p.870-874, 1992.