

## **Avaliação dos Parâmetros de Exposição e Doses em Pediatria dos 5 aos 10 anos de idade. Comparação entre aquisição digital e não digital na incidência de tórax de frente.**

*Evaluation of paediatric exposure parameters and doses in 5-10 years old children.  
Comparison between Digital and non-digital acquisitions in frontal Thorax projection.*

**Daniel Amaral, Sérgio Teixeira, Nuno Matela, Paulo Pereira**

ERISA - Direcção de Radiologia, Poço do Bispo, Rua Fernando Palha, 69, 1900-693 Lisboa  
e-mail: marques\_pereira@sapo.pt

### **Resumo**

O avanço das tecnologias nos últimos anos promoveu a passagem de muitos serviços para sistemas de digitalização indirecta e directa, substituindo os sistemas convencionais de películas. As evidências mostram que os sistemas de digitalização de imagem deveriam possibilitar reduções nas doses utilizadas num determinado exame radiológico, mas na prática, nem sempre a dose é menor que a dos sistemas de películas. Este estudo pretende avaliar a situação presente das doses praticadas em exames Radiológicos em duas unidades Hospitalares, uma com sistema não-digital (Hospital A) e outra com sistema digital (Hospital B), na radiografia de Tórax AP ou PA em crianças dos 5 aos 10 anos. Foram comparadas as doses à entrada da pele (DEP) e dose efectiva, entre si e com os níveis de referência de diagnóstico.

No Hospital A, foi observada uma DEP média de 16,78  $\mu\text{Gy}$  e uma dose efectiva média de 22,63  $\mu\text{Gy}$ . No Hospital B, a DEP média foi 12,22  $\mu\text{Gy}$ , e a dose efectiva média foi 15,81  $\mu\text{Gy}$ . As diferenças são estatisticamente significativas ( $p=0,00$ ).

Os exames do tórax, em crianças dos 5-10 anos realizado com recurso a um sistema não-digital, implicaram maior DEP e dose efectiva para o paciente, comparado com o mesmo exame em sistema digital, nos hospitais em estudo.

**Palavras chave:** Radiologia Convencional; Parâmetros Técnicos de Exposição; Cálculo de Doses; Doses de Referência.

### **Abstract**

The advances of technology in the last years promoted the passage of many services to direct and indirect digital systems, replacing the conventional film. The evidences shows that the digital systems of image digitalization should allow dose reductions used in certain radiological examinations, but in practice, the dose is not always lower than the one that is applied in film systems.

This study pretends to evaluate the present situation of practiced doses in radiological examinations in two hospitalar units one with non-digital system (Hospital A) and other with digital system (Hospital B), in AP or PA chest radiography in children from 5 to 10 years old.

Both, entrance skin dose (ESD) and effective dose, were compared themselves and with the European reference guidelines.

In Hospital A, the mean ESD observed was 16,78  $\mu\text{Gy}$  and the mean effective dose was 22,63  $\mu\text{Gy}$ .

In Hospital B, the mean ESD observed was 12,22  $\mu\text{Gy}$  and the mean effective dose was 15,81  $\mu\text{Gy}$ . The differences between the two hospitals were statistically significant ( $p=0,00$ ).

The chest exams in children from 5 to 10 years old executed with the non-digital system implied higher ESD and effective dose for patient, compared with the digital system, in the evaluated hospitals.

**Key words:** Conventional Radiology; Technical Exposure Parameters; Doses calculus; Reference Doses.

Recebido em 16/04/2008

Aceite em 08/09/2008

Rev. Lusófona de Ciências e Tecnologias da Saúde, 2008; (5) 2: 152-164

Versão electrónica: <http://revistasaude.ulusofona.pt>

## Introdução

Actualmente reconhece-se a existência de uma relação entre exposição a radiações e risco de ocorrência de efeitos somáticos tardios, uma dose de radiação, por mais baixa que seja irá produzir uma resposta e um efeito cumulativo nos tecidos irradiados. Deste modo, a protecção contra a radiação num exame radiológico é essencial para manter a exposição médica num nível de risco mínimo aceitável. É obtida através da justificação, optimização e limitação da exposição à radiação, segundo o conceito ALARA (As Low As Reasonably Achievable)<sup>(1)</sup>.

Uma forma de compreender a energia depositada em todos os órgãos irradiados bem como a sua relativa radiosensibilidade é através da dose efectiva, que é o melhor descritor disponível do risco estocástico do paciente<sup>(2)</sup>. Pode ser estimada a partir de medidas do feixe incidente sobre o paciente bem como dose à entrada da pele (DEP), ou o produto dose-área, em conjugação com coeficientes de conversão apropriados<sup>(2)</sup>. Através do cálculo de dose à entrada da pele também é possível avaliar se os níveis de referência de diagnóstico (NRD) são alcançados.

A Directiva do Conselho Europeu N.º 97/43/Euratom de 30-06-1997, sobre exposição médica, em conjugação com as Recomendações do ICRP (International Commission on Radiological Protection), estabeleceu as directivas para a protecção radiológica a nível europeu, de onde se realça a introdução de parâmetros de exposição padrão (níveis de referência de diagnóstico)<sup>(3)</sup>. Já em 1996, a Comissão da Comunidade Europeia (CCE), tinha elaborado um protocolo com critérios de qualidade e parâmetros de exposição radiológicos (Tabela 1\*)<sup>(4)</sup>.

Em Portugal, vigora o Decreto-Lei n.º 180/2002 de 8 de Agosto, que estabelece as obrigações para a protecção radiológica, optimização da dose e da qualidade da imagem<sup>(5)</sup>.

O exame radiológico mais frequentemente requisitado, quer para avaliação preliminar do paciente, quer para seguimento de doença cardio-respiratória, é a radiografia do tórax, situação transversal a todos os doentes e que metabólica, são atambém acontece na pediatria<sup>(6)</sup> tratando-se, no entanto, de um exame de relativa baixa dose, quando comparado, por exemplo, com um exame de Tomografia Computorizada ao tórax (aproximadamente 5 mSv) que, em termos de dose, poderá corresponder ao equivalente a 100 radiografias ao tórax<sup>(1)</sup>.

Sendo as crianças mais vulneráveis aos efeitos laterais provenientes da exposição à radiação ionizante do que os adultos, factores como a idade, o efeito cumulativo de radiações ao longo da vida, a demora em surgirem sintomas e a maior actividades causas dessa vulnerabilidade. Sendo, assim, compreensível que a

## Introduction

The existence of a relation between the exposure to ionizing radiations and the risk of occurring late somatic effects is commonly accepted. A radiation dose, even an extremely low dose, will produce a cumulative effect in the irradiated tissues. By that reason, the radiation protection during a radiology examination is essential to keep the risk of medical exposures as low as possible. This goal is achieved by respecting the principles of justification, optimization and limitation of radiation exposure, according with the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle<sup>(1)</sup>.

One way of determining the energy released in each of the irradiated organs, as well as their radiosensitivity, is the calculation of the Effective Dose, which is the best descriptor available to determine the stochastic risk for the patient<sup>(2)</sup>. The effective dose can be estimated from the evaluation of the incident beam, from the Entrance Skin Dose (ESD) or from the Dose-Area Product (DAP) together with the proper conversion coefficients.

By calculating the ESD values it is also possible to verify if the diagnosis reference levels (DRL) are respected.

The European Council Directive number 97/43/Euratom from 30/06/1997, about medical exposure, together with the recommendations from ICRP (International Commission on Radiological Protection), defined the directives for radiation protection at a European level. From these directives it must be stressed the introduction of standard exposure parameters (diagnosis reference levels)<sup>(3)</sup>. Before this, at 1996, the European Community Commission had already created a protocol with quality criterions for radiological exposure parameters (Table 1)<sup>(4)</sup>.

In Portugal, it is followed the Decreto-Lei n.º 180/2002, from 8th of August, which defines the obligations for radiological protection, dose optimization and image quality<sup>(5)</sup>.

The most commonly requested radiological exam, for preliminary evaluation of the patient or for following a cardio-vascular disease, is the thorax radiography. This is transversal for all patients, event in paediatrics<sup>(6)</sup>. However, in this latter case, it is an examination with a relatively low dose, when compared, for example, with a CT thorax examination (approximately 5mSv), which corresponds to 100 thorax radiographies<sup>(1)</sup>.

Children are more vulnerable than adults to secondary effects originated from the ionizing radiation exposure, due to the cumulative effect along the entire life, due to the higher metabolic activity and due to the delay between the symptoms and the exposure. It is also known that the radiosensitivity decreases with aging<sup>(6,7)</sup>.

radiossensibilidade decresça com o aumento da idade.<sup>(6,7)</sup>. Ao Técnico de Radiologia compete obter uma imagem com qualidade de diagnóstico, aplicando sempre as normas de protecção radiobiológica, minimizando a exposição a radiações, através da selecção de parâmetros adequados e uso de protecção adicional a órgãos mais sensíveis. No entanto, em Pediatria, algumas crianças têm maior dificuldade em se manterem imóveis durante um exame radiológico, dificultando a sua aplicação.

It is the duty of the technician to acquire an image with diagnosis quality, applying always the radiation protection rules, minimizing the radiation exposure, by means of a correct selection of the exposure parameters and an additional protection of the most sensitive organs. However, in paediatrics, some children are more difficult to keep motionless during the entire examination, which hinders the correct application the referred principles.

**Tabela 1** - Factores de exposição: Valores de referência europeus para radiografias ao tórax AP e PA  
**Table 1** - factors: European Reference Levels to thorax AP and PA radiographies.

| Idade (anos)<br><i>Age (years)</i> | Tamanho do Ponto focal<br><i>Focal spot size</i> | Kilovoltagem (kV)<br><i>Kilovoltage (kV)</i>                                   | mas<br><i>mAs</i> | mm                | Velocidade relativa<br>écran/filme<br><i>Relative speed screen/film</i> | Grelhas<br><i>Grids</i>                                                        | CAE <sup>b</sup><br><i>AEC<sup>b</sup></i> |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| < do que 1                         | Fino<br><i>fine</i>                              | 60                                                                             | 2                 | 150               | 400 a (to)<br>800                                                       | Não<br><i>No</i>                                                               | Não<br><i>No</i>                           |
| 1 a 4                              | grosso<br><i>Large</i>                           | 75                                                                             | 2                 | 150               | 400 a (to)<br>800                                                       | Não<br><i>No</i>                                                               | Não<br><i>No</i>                           |
| 4 a 10                             | grosso<br><i>Large</i>                           | 75                                                                             | 4                 | 150               | 400 a (to)<br>800                                                       | Sim                                                                            | Não<br><i>No</i>                           |
| > do que 10                        | Grosso<br><i>Large</i>                           | 80 a (to) 120<br><br>Dependente da estatura<br><i>Dependent from structure</i> | CAE<br><i>AEC</i> | 150 a (to)<br>180 | 400 a (to)<br>800                                                       | sim/não<br>Yes/No<br>Dependente da estatura<br><i>Dependent from structure</i> | Sim<br><i>Yes</i>                          |

<sup>a</sup> Distância Foco-Filme

<sup>a</sup> Focus-Film Distance

<sup>b</sup> Controle Automático de Exposição

<sup>b</sup> Automatic Exposition Control

Assim, é importante adequar o processo a este tipo de paciente, aptidão que o Técnico de Radiologia adquire com a experiência, devendo ser consciente das condições de exposição que aplica. Isto porque as placas de fósforo dos sistemas digitais têm maior latitude de exposição que as películas radiográficas, o que permite a utilização de um maior espectro de condições de exposição<sup>(8)</sup>. Uma situação que poderia resultar em imagens sub ou sobre-expostas, na técnica não-digital, não acontece na técnica digital, devido à possibilidade de pós-processamento de imagem. Essa capacidade do sistema digital poderá levar à aplicação de maiores doses, quando comparada com a técnica não-digital, que tem de utilizar parâmetros de

The latter shows the importance of the adaptation of the acquiring process to this kind of patient, which is an ability that the technician acquires with the working experience. However, the technician must always give special attention to the exposure conditions that are applied. This attention is even more pertinent with phosphor digital detectors, which have higher exposure latitude than the radiographic films, allowing the use of a larger exposure conditions spectrum<sup>(8)</sup>. Some conditions that, with non-digital techniques would result in over or under exposed images, with digital techniques may allow images with diagnosis value due to the possibility of image post-processing. This possibility may lead to the application of higher doses

\*Fonte: European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics (EUR 16261 EN). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.

\*Source: European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics (EUR 16261 EN). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.

exposição mais rígidos, sob pena de obter imagens de má qualidade.

Assim, protocolos de exposição padrão parecem ser o melhor método para a otimização dos parâmetros de exposição<sup>(6)</sup>.

Com este estudo pretendeu-se avaliar a situação presente das doses praticadas em exames Radiológicos em duas unidades Hospitalares, uma com sistema digital e outra com não-digital, na incidência de tórax em AP ou PA em crianças dos 5 aos 10 anos de idade. Foram também avaliadas as DEP e dose efectiva e compararam-se entre si e com os NRD.

## Material e Métodos

Estudo descritivo transversal a ser realizado através da recolha de dados em dois hospitais, da região Sul do Tejo, Hospital A, de sistema de aquisição não-digital e de Lisboa, Hospital B, de sistema de aquisição digital indirecto.

As amostras, de conveniência e consequentemente não representativas da população geral, foram constituídas no total por 54 crianças, com idades compreendidas entre os 5 e os 10 anos de idade, que recorreram aos hospitais em estudo para a realização de radiografias ao tórax, sendo a amostra constituída por 27 crianças do Hospital A e por 27 crianças do Hospital B.

O equipamento de Raio-x do Hospital A, da marca Philips Médio SOCP, tem 0,9 mm de filtragem de Alumínio, adicionada de 1,6 mm, num total de 2,5 mm de Alumínio. O foco fino tem 0,6 mm e o foco grosso tem 1,3 mm. O ângulo do ânodo é de 13°. O gerador é trifásico. A manutenção é semestral. Utiliza um sistema de películas da marca Kodak. A aquisição da imagem é realizada por meio de ecrã-película,

O aparelho de Raio-x do Hospital B é da marca Toshiba modelo I-RAD. A ampola tem uma filtragem total de 3 mm de Alumínio e dimensões focais de 0,6 mm de foco fino e 1,2 mm de foco grosso. O ângulo do ânodo é de 12°. O gerador é trifásico e a manutenção é semestral. Utiliza sistema de películas AGFA T2 Drystar e sistema digital AGFA.

Os dados foram recolhidos pelos Técnicos de Radiologia dos hospitais em estudo, antes e após a realização do exame, entre Junho e Agosto de 2007. Foi recolhida informação sobre as características individuais dos pacientes, como o sexo, idade, peso e altura, e os parâmetros técnicos do exame, tais como os parâmetros do tubo de raios X (kVp, mAs), distância foco-filme (DFF), posicionamento, incidência do feixe, o uso de Potter e de controlo automático de exposição (CAE).

Para obter a medição da DEP e dose efectiva, recorreu-se a uma simulação de Monte Carlo através do programa informático PCXMC v1.5.1 – STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland<sup>(9)</sup>, já

, when compared with non-digital techniques, in which the choice of the exposure parameters is less flexible, increasing the risk of degrading the image quality.

By all that was said, defining exposure standards seems to be the best method to optimize exposure parameters<sup>(6)</sup>.

With this study, we intend to evaluate the present situation of the applied doses in radiological examinations to the thorax, in AP and PA projections, with children between 5 and 10 years old, in two hospital units, one of which has a digital system, while the other has a non-digital system. We have also evaluated the ESD and the Effective Dose and we have compared them with the DRL.

## Materials and Methods

This was a descriptive and transversal study, performed by data collection in two hospitals, located in the region Sul do Tejo. We called Hospital A to the one equipped in the non-digital acquisition system and Hospital B to the one equipped with the digital acquisition system.

The samples, defined by convenience and consequently non representative of the general population, were composed by 54 children, with ages between 5 and 10 years old, which have searched the referred hospitals to perform thorax radiographies. The samples of the Hospital A and Hospital B consisted in 27 children each.

The X-ray equipment present in Hospital A is a Philips Average SOCP, with filter with 0,9 mm Al, to which was added 1,6 mm Al, resulting in a total filter with 2,5 mm Al. The small focus had 0,6 mm, while the large focus had 1,3 mm. The anode angle was 13°. The generator was three-phase and the maintenance was performed weekly. The system uses Kodak films and the image was acquired using a film-screen method.

The X-ray equipment present in Hospital B is a Toshiba, model I-RAD. The system has a total filter with 1,3 mm Al. The small focus had 0,6 mm, while the large focus had 1,2 mm. The anode angle was 12°. The generator was three-phase and the maintenance was performed every six months. The system uses AGFA T2 Drystar films and the image was acquired using an AGFA digital system.

The data was collected by radiology physicians from hospitals A and B, before and after the examination, between June and August 2007. The collected information referred to individual characteristics from the patient, such as genre, age, weight and height, and to technical parameters of the examination, such as X-ray tube parameters (kVp and mAs), focus-film distance (FFD), positioning, beam incidence, use or absence of Potter and the use or absence of Automatic Exposure Control (AEC)

To obtain the ESD and Effective Dose values we have

utilizado noutros estudos<sup>(10)</sup>.

Para tratamento e análise dos dados, utilizou-se o programa informático SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.13.0.

## Resultados

Relativamente às variáveis sexo e idade as amostras revelaram-se muito semelhantes, 59,3% do sexo feminino e 40,7% do sexo masculino no Hospital A, 55,6% e 44,4%, no Hospital B (Tabela 2).

used Monte Carlo simulations, performed with the software PCXMC v1.5.1 – STUK – Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland<sup>(9)</sup>, which had already been used in previous studies<sup>(10)</sup>.

The data processing and analysis was performed with the software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) v.13.0.

## Results

In what concerns to the variables genre and age, the samples were very similar (59,3% females and 40,7% males in Hospital A, 55,6% females and 44,4% males, in Hospital B - Table 2)

**Tabela 2** - Distribuição da frequência das variáveis Sexo e Idade no Hospital A e Hospital B  
**Table 2** - Frequency distribution of the variables Genre and Age in Hospital A and Hospital B

|                      |                           | Hospital    |             |
|----------------------|---------------------------|-------------|-------------|
|                      |                           | Hospital A  | Hospital B  |
| Sexo<br><i>Genre</i> | Feminino<br><i>Female</i> | 16<br>59,3% | 15<br>55,6% |
|                      | Masculino<br><i>Male</i>  | 11<br>40,7% | 12<br>44,4% |
|                      | Total                     | 27<br>100%  | 27<br>100%  |
| Idade<br><i>Age</i>  | 5                         | 7<br>25,9%  | 9<br>33,3%  |
|                      | 6                         | 9<br>33,3%  | 7<br>25,9%  |
|                      | 7                         | 5<br>18,5%  | 5<br>18,5%  |
|                      | 8                         | 3<br>11,1%  | 3<br>11,1%  |
|                      | 9                         | 2<br>7,4%   | 2<br>7,4%   |
|                      | 10                        | 1<br>3,7%   | 1<br>3,7%   |
|                      | Total                     | 27<br>100%  | 27<br>100%  |

A distribuição das idades das amostras foi relativamente uniforme, com exceção das crianças com 5 anos (25,9% no hospital A e 33,3% no hospital B) e 6 anos (33,3% no hospital A e 25,9% no hospital B).

Em relação às características físicas do paciente, o peso médio observado, no Hospital A, foi de 26,56kg e a altura 122,33 cm. No Hospital B, em média, foi observado um peso de 22,09 kg e uma altura de 114,07 cm (Tabela 3).

The age distributions of the samples from the two hospital were relatively equals, except for the children with 5 years old (25,9% in hospital A and 33,3% in hospital B) and with 6 years old (33,3% in hospital A and 25,9% in hospital B)

Regarding the physical characteristics of the patients, the average weight registered in Hospital A was 26,56 kg and the average height was 122,33 cm. In Hospital B, the average weight registered was 22,09 kg, while the average height was 114,07 cm (Table 3).

**Tabela 3** - Distribuição da média das variáveis Peso, Altura, kVp e mAs no Hospital A e Hospital B  
**Table 2** - Average, Standard Deviation, Minimum and Maximum of the variables Weight, Height, kVp and mAs, in Hospital A and Hospital B.

| Hospital   |                                            | Peso<br><i>Weight</i><br>(kg) | Altura<br><i>Height</i><br>(cm) | kVp    | mAs    |
|------------|--------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------|--------|
| Hospital A | N<br><i>Number of examinations</i>         | 27                            | 27                              | 27     | 27     |
|            | Média<br><i>Average</i>                    | 26,56                         | 122,33                          | 81,52  | 2,556  |
|            | Desvio Padrão<br><i>Standard Deviation</i> | 8,102                         | 19,501                          | 2,874  | 0,3479 |
|            | Mínimo<br><i>Minimum</i>                   | 12                            | 50                              | 73     | 1,8    |
|            | Máximo<br><i>Maximum</i>                   | 43                            | 150                             | 85     | 4,0    |
| Hospital B | N<br><i>Number of examinations</i>         | 27                            | 27                              | 27     | 27     |
|            | Média<br><i>Average</i>                    | 22,09                         | 114,07                          | 70,52  | 3,396  |
|            | Desvio Padrão<br><i>Standard Deviation</i> | 6,022                         | 12,637                          | 13,838 | 1,4335 |
|            | Mínimo<br><i>Minimum</i>                   | 13                            | 90                              | 52     | 2,0    |
|            | Máximo<br><i>Maximum</i>                   | 35                            | 145                             | 100    | 8,0    |

Relativamente aos parâmetros técnicos utilizados em cada Hospital, onde todos os exames foram realizados em ortostatismo, as médias foram de 81,52 kVp e de 2,556 mAs no Hospital A. Enquanto no Hospital B foi observada uma média de 70,52 kVp e de 3,396 mAs (Tabela 3).

Na maioria dos exames, a DFF mais utilizada foi 180 cm com 88,9% das observações no Hospital A e 48,1% no Hospital B (Tabela 4).

O Hospital B empregou, em 33,3% dos casos, uma DFF de 150 cm, que não foi utilizada no Hospital A. A utilização de DFF de 200 cm é reduzida em ambos os Hospitais com apenas 11,1% dos casos no Hospital A e 18,5% no Hospital B (Tabela 4).

No Hospital A a incidência mais utilizada foi a PA com 70,4% dos casos, enquanto no Hospital B as percentagens de exames em incidências PA ou AP são

About the technical parameters used in each hospital, we can say that all examinations were performed in ortostatism. In Hospital A, the average of the mAs used was 2,556 mAs, while the average of the kVp used was 81,52 kVp. In Hospital A the average of the mAs used was 3,396 mAs, while the average of the kVp used was 70,52 kVp.

The DFF that was more frequently used was 180 cm (88,9 % of the cases in Hospital A and 48,1% in Hospital B (Table 4)). In Hospital B, it was used in 33,3 % of the situations a DFF of 150 cm, which was not used in Hospital A. The use of a DFF equal to 200 cm was minor in both hospitals (11,1% of the cases in Hospital A and 18,5 % in Hospital B).

In Hospital A, the projection PA was the mostly used (70,4 % of the cases), while in Hospital B, the two projections AP and PA were equally used (48,1 % of the

semelhantes, representando aproximadamente metade do valor do total de exames, ou seja, PA com 48,1% das observações e AP com 51,9% (Tabela 4).

Em todos os exames do Hospital A foi utilizado Potter, enquanto no Hospital B só foi utilizado em 33,3% dos casos (Tabela 4).

No Hospital B a grande maioria dos exames foi realizado sem recurso a CAE (3,7%), e no Hospital A foi utilizado em 29,6% dos casos (Tabela 4).

projections were PA and 51,9 % AP (Table 4)).

A potter was used in all examinations performed in Hospital A, while in Hospital B, it was used only in 33,3 % of the situations.

In Hospital B, in the majority of the cases it was not used AEC (it was used only in 3,7 % of the cases). In Hospital A this system was used in 29,6% of the cases (Table 4).

**Tabela 4** - Distribuição da frequência das variáveis Dff, Posicionamento, Incidência, uso de Potter e CAE no Hospital A e Hospital B

**Table 4** - Frequency distribution of the variables FFD, Positioning, Projection, use of Potter and se of AEC, in Hospital A and Hospital B

|                                      |                                    | Hospital   |            |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------|------------|
|                                      |                                    | Hospital A | Hospital B |
| DFF (FFD) (cm)                       | 150                                | 0          | 9          |
|                                      |                                    | ,0%        | 33,3%      |
|                                      | 180                                | 24         | 13         |
|                                      |                                    | 88,9%      | 48,1%      |
|                                      | 200                                | 3          | 5          |
| Total                                |                                    | 11,1%      | 18,5%      |
|                                      |                                    | 27         | 27         |
|                                      |                                    | 100%       | 100%       |
| Posicionamento<br><i>Positioning</i> | Ortostatismo<br><i>Ortostatism</i> | 27         | 27         |
|                                      |                                    | 100%       | 100%       |
|                                      | Total                              | 27         | 27         |
| Incidência<br><i>Projection</i>      | PA                                 | 19         | 13         |
|                                      |                                    | 70,4%      | 48,1%      |
|                                      | AP                                 | 8          | 14         |
|                                      |                                    | 29,6%      | 51,9%      |
|                                      | Total                              | 27         | 27         |
| Potter                               | Sim<br>Yes                         | 27         | 9          |
|                                      |                                    | 100%       | 33,3%      |
|                                      | Não<br>No                          | 0          | 18         |
|                                      |                                    | ,0%        | 66,7%      |
|                                      | Total                              | 27         | 27         |
| CAE                                  | Sim<br>Yes                         | 8          | 1          |
|                                      |                                    | 29,6%      | 3,7%       |
|                                      | Não<br>No                          | 19         | 26         |
|                                      |                                    | 70,4%      | 96,3%      |
|                                      | Total                              | 27         | 27         |
| Total                                |                                    | 100%       | 100%       |

Para o Hospital A, os resultados obtidos através do programa de simulação tiveram como DEP média de 16,78  $\mu$ Gy, isto com um desvio padrão de 2,577  $\mu$ Gy. A DEP mínima neste Hospital foi de 11  $\mu$ Gy e a máxima de 21  $\mu$ Gy (Tabela 4). Em relação á dose efectiva, a média foi de 22,63  $\mu$ Gy, com desvio padrão de 7,066  $\mu$ Gy e valores de dose mínima de 11  $\mu$ Gy e máxima de

Regarding the ESD values obtained by simulation (Table 5), the values obtained for the Hospital A were an average ESD equal to 16,78  $\mu$ Gy, with a standard deviation of 2,577  $\mu$ Gy. The minimum ESD obtained for this hospital was 11  $\mu$ Gy, while the maximum ESD was 21  $\mu$ Gy. Regarding the Effective Dose (Table 5), the average of the values obtained for Hospital A was

37 $\mu$ Gy (Tabela 5).

No Hospital B, a média de DEP foi de 12,22  $\mu$ Gy, de desvio padrão de 5,154  $\mu$ Gy, enquanto a DEP mínima foi de 6  $\mu$ Gy e a máxima 26  $\mu$ Gy (Tabela 5). Relativamente á dose efectiva neste Hospital, a média registou-se nos 15,81  $\mu$ Gy, o desvio padrão em 5,568  $\mu$ Gy. Os valores de dose efectiva mínima foram de 7  $\mu$ Gy e máxima de 26  $\mu$ Gy (Tabela 5).

O teste t-student mostrou que não existe igualdade nas médias de DEP e de dose efectiva dos dois hospitais, as diferenças revelaram-se estatisticamente significativas, ( $p=0,00$ ) para um intervalo de confiança (IC) de 95%.

22,63 $\mu$ Gy, with a standard deviation of 7,066  $\mu$ Gy. The minimum and maximum values calculated were 11  $\mu$ Gy and 37 $\mu$ Gy, respectively. Regarding Hospital B, the average of the ESD obtained was 12,22  $\mu$ Gy, with a standard deviation of 5,154  $\mu$ Gy. The minimum and maximum values obtained were 6  $\mu$ Gy and 26  $\mu$ Gy, respectively. In what concerns to the Effective Dose, the values obtained for Hospital B presented an average equal to 15,81  $\mu$ Gy, with a standard deviation of 5,568  $\mu$ Gy. The minimum Effective Dose value calculated for Hospital B was 7  $\mu$ Gy and the maximum 26  $\mu$ Gy (Table 5).

The Student's t-test showed that there were not any equality between the averages of the ESD and Effective Doses in the two hospitals. The differences were statistically significant, ( $p=0,00$ ) for a 95% confidence interval.

**Tabela 5** - Distribuição da média das variáveis DEP e dose efectiva no Hospital A e Hospital B  
**Table 5** - Average, Standard Deviation, Minimum and Maximum of the ESD and Effective Dose values obtained in Hospital A and in Hospital B.

| Hospital   |                                            | DEP<br>ESD<br>( $\mu$ Gy) | Dose efectiva<br>Effective Dose<br>( $\mu$ Gy) |
|------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------|
| Hospital A | N<br><i>Number of examinations</i>         | 27                        | 27                                             |
|            | Média<br><i>Average</i>                    | 16,78                     | 22,63                                          |
|            | Desvio Padrão<br><i>Standard Deviation</i> | 2,577                     | 7,066                                          |
|            | Mínimo<br><i>Minimum</i>                   | 11                        | 11                                             |
|            | Máximo<br><i>Maximum</i>                   | 21                        | 37                                             |
| Hospital B | N<br><i>Number of examinations</i>         | 27                        | 27                                             |
|            | Média<br><i>Average</i>                    | 12,22                     | 15,81                                          |
|            | Desvio Padrão<br><i>Standard Deviation</i> | 5,154                     | 5,568                                          |
|            | Mínimo<br><i>Minimum</i>                   | 6                         | 7                                              |
|            | Máximo<br><i>Maximum</i>                   | 26                        | 26                                             |

## Discussão

Confrontando dois sistemas imagiológicos de aquisição e tratamento de imagem, um convencional não digital, no Hospital A e outro digital, no Hospital B, observaram-se diferentes resultados referentes à DEP, verificando-se que a média obtida no Hospital A (16,78  $\mu\text{Gy}$ ), cujo sistema de aquisição de imagem é realizado por meio de ecrã-película, é mais elevada, quando comparada com o sistema do Hospital B (12,22  $\mu\text{Gy}$ ), que é digital indirecto, sendo estatisticamente significativa ( $p=0,00$ ) a diferença encontrada.

O valor mais elevado de DEP (26  $\mu\text{Gy}$ ) aconteceu no Hospital B, enquanto, no Hospital A, o máximo valor de DEP foi de 21  $\mu\text{Gy}$ . Em média, verificaram-se valores mais elevados de DEP no hospital A, com sistema de ecran-película. Estes achados não são coincidentes com o estudo efectuado por Hufton, Doyle e Carty<sup>(8)</sup>, onde as diferenças encontradas não foram significativas, nem com outro estudo realizado por Carvalho et al<sup>(11)</sup> que, embora numa faixa etária diferente, encontrou valores de DEP mais elevados no sistema digital.

Comparando os valores DEP obtidos nos dois hospitais, com os valores de DEP de referência, é possível afirmar que estão longe de atingir o limite dos níveis recomendados pelo ICRP, que na revisão de 2000, estabelece que para o exame de tórax (PA/AP) se situam nos 70  $\mu\text{Gy}$  para os 5 anos e 120  $\mu\text{Gy}$  para os 10 anos (Tabela 6)<sup>(12)</sup>. Também a CCE delibera que a DEP máxima para crianças de 5 anos é de 100  $\mu\text{Gy}$ .<sup>(4)</sup>

Do sistema não digital empregue no Hospital A resulta uma aplicação mais regrada das doses, com menor dispersão de valores. O sistema digital do Hospital B teve menor uniformização das doses, embora tenha registado os menores valores aplicados. Estes factos poderão não ser significativos, dadas as diferenças verificadas nas ocorrências nos casos de crianças de 5 e 6 anos de idade.

No Hospital B foi observada uma menor dose efectiva, com 59,2% dos casos situados abaixo de 16  $\mu\text{Gy}$ . A média registada pelo Hospital A (22,63  $\mu\text{Gy}$ ) foi mais elevada que no hospital B (15,81  $\mu\text{Gy}$ ) (tabela 5).

No Hospital A foi observado o valor mais alto de dose efectiva (37  $\mu\text{Gy}$ ) e no Hospital B o valor mais baixo (7  $\mu\text{Gy}$ ).

Verificou-se, então, que tanto para os valores de DEP como para os de doses efectivas, o sistema digital emprega doses mais baixas do que o sistema convencional não digital. O facto de o sistema digital permitir maior latitude de parâmetros de exposição pode explicar os picos de DEP observados no Hospital B.

## Discussion

When comparing the two imaging systems, the non-digital system in Hospital A and the digital system in Hospital B, we can observe different results regarding the ESD. We verify that the average ESD values calculated for the Hospital A (16,78  $\mu\text{Gy}$ ), where it is used a film-screen technology, is higher than the average of the ones calculated for the Hospital B (12,22  $\mu\text{Gy}$ ), which uses an indirect digital system, being the difference statistically significant ( $p=0,00$ ).

The highest ESD value calculated (26  $\mu\text{Gy}$ ) corresponds to an examination in Hospital B. The highest ESD value calculated for Hospital A was 21  $\mu\text{Gy}$ , however the average of the ESD values was higher for the Hospital A. These results are not in accordance neither with the study performed by Hufton, Doyle and Carty<sup>(8)</sup>, in which the authors found insignificant differences, nor with the study performed by Carvalho et al<sup>(11)</sup>, in which were found higher ESD values with a digital system. However, in this last study, the age interval was different from the one analyzed in our study.

Comparing the ESD values obtained in the two hospitals with the ESD reference levels, we can say that the values we have registered are far from reach the values recommended by ICRP, who, in the 2000 revision, states that, for a thorax examination (PA/AP), the ESD should not be higher than 70  $\mu\text{Gy}$ , for 5 years old children, and 120  $\mu\text{Gy}$  for 10 years old children (Table 6)<sup>(12)</sup>. Also the ECC states that the maximum ESD for 5 years old children is 100  $\mu\text{Gy}$ .<sup>(4)</sup>

Looking to the results obtained for Hospital A, we can see that the use of this system results in a more homogenous distribution of doses, while the system from Hospital B results in a higher dispersion of values, despite the average of the values being lower. However, these facts may not be significant due to the differences in the number of examinations with children between 5 and 6 years old.

In Hospital B, it was observed a lower Effective Dose, being 59,2% of the cases below 16  $\mu\text{Gy}$ . The average of the Effective Doses calculated for Hospital A (22,63  $\mu\text{Gy}$ ) was higher than the one calculated for Hospital B (15,81  $\mu\text{Gy}$ ). The highest Effective Dose calculated corresponds also to an examination performed in Hospital A (37  $\mu\text{Gy}$ ), while the lowest value was obtained in Hospital B (7  $\mu\text{Gy}$ ).

We have verified that, for both ESD and Effective Dose values, the digital system applies lower doses than the conventional system. However, the fact that the digital system allows higher latitude of exposition parameters may explain the peaks of ESD verified in Hospital B.

**Tabela 6 - Doses de referência para exames pediátricos**  
**Table 6 - Dose Reference Levels for pediatric examinations**

| Pediatric Radiographs<br>[values are ESD in $\mu\text{Gy}$ , except or MCU exam] | (Pediatric)<br>NRPB<br>2000 |      |      |       |       | (Pediatric)<br>EC<br>1996b, 1999a | (General)<br>NRPB<br>1999 |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------------|
|                                                                                  | 0-yr                        | 1-yr | 5-yr | 10-yr | 15-yr |                                   |                           |
| AP & PA Chest                                                                    |                             | 50   | 70   | 120   |       | 100 (5-yr old)                    | 100 (5-yr old)            |
| LAT Chest                                                                        |                             |      |      |       |       | 200 (5-yr old)                    | 200 (5-yr old)            |
| AP Chest Newborns                                                                | 50                          |      |      |       |       | 80 (newborn)                      | 80 (newborn)              |
| PA or AP Skull                                                                   |                             | 800  | 1100 | 1100  | 1100  | 1500 (5-yr old)                   | 1500 (5-yr old)           |
| LAT skull                                                                        |                             | 500  | 800  | 800   | 800   | 1000 (5-yr old)                   | 1000 (5-yr old)           |
| AP Pelvis (infants)                                                              |                             |      |      |       |       | 200 (infant)                      | 200 (infant)              |
| AP Pelvis (older children)                                                       |                             | 500  | 600  | 700   | 2000  | 900 (5-yr old)                    | 900 (5-yr old)            |
| AP or PA Abdomen (with vertical beam)                                            |                             | 400  | 500  | 800   | 1200  | 1000 (5-yr old)                   | 1000 (5-yr old)           |
| MCU exam (Note: DAP in $\text{mGy cm}^2$ )                                       | 600                         | 900  | 1200 | 2400  |       |                                   |                           |

[NOTE: quality criteria, but not reference levels also given for the following pediatric radiographs in EC (1996b)]

|                          |                                |                        |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------|
| PA or AP Full Spine      | Micturating Cystourethrography | AP or PA Urinary Tract |
| PA or AP Segmental Spine | AP or PA Urinary Tract         | (after contrast)       |
| LAT Segmental Spine      | (without or before contrast)   |                        |

O valor de referência Europeu para DEP, a partir de 2000, em crianças de 5 a 10 anos (excluindo 10 anos) é 70  $\mu\text{Gy}$ , ou seja, muito acima dos encontrados em qualquer dos Hospitais <sup>(12)</sup>. Nota-se que o valor de referência Europeu, em causa, evoluiu de 100  $\mu\text{Gy}$  em 1996 para 70  $\mu\text{Gy}$  a partir de 2000 <sup>(12)</sup> reflectindo a tendência de evolução para critérios de maior exigência. Mesmo assim, verifica-se que, mesmo o sistema convencional não digital regista valores ainda folgados. Pensa-se, deste modo, que a evolução no rigor dos valores de referência não irá tão cedo excluir os métodos convencionais dos procedimentos aceitáveis.

Since 2000, the European reference level for ESD for children between 5 and 10 years old (excluding the 10 years old) is 70  $\mu\text{Gy}$  <sup>(12)</sup>, which is much higher than the values measured in any of the hospitals. We notice that the referred European reference level has evolved from 100  $\mu\text{Gy}$  in 1996 to 70  $\mu\text{Gy}$  in 2000 <sup>(12)</sup>, which reflect an evolution trend to more rigorous criteria. Even with these tighter criteria, the calculated values for the conventional system are still far from the limits, allowing us to think that even with more rigorous criteria in the definition of the reference levels, the conventional methods will not be excluded from the accepted procedures.

1\*Fonte: Fonte: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging: Review and Additional Advice. A web module produced by Committee 3 of the ICRP. in: [www.icrp.org/docs/DRL\\_for\\_web.pdf](http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf), consultado a 27 de Fevereiro de 2007.

1\*Source: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging: Review and Additional Advice. A web module produced by Committee 3 of the ICRP. in: [www.icrp.org/docs/DRL\\_for\\_web.pdf](http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf), accessed at 27th of February of 2007.

No procedimento Imagiológico Convencional não-digital a quase totalidade dos exames excedeu os valores de referência de kVp Europeus, registando-se o mesmo em 25,9% de casos no procedimento Imagiológico Convencional digital. As razões para estes factos demandam maiores considerações devido à importância que a voltagem representa tanto para a qualidade da imagem radiográfica como dose para o doente<sup>(13)</sup>. Em relação a outro importante factor que contribui para o valor de dose, os mAs, os valores médios foram próximos, com 2,556 mAs no Hospital A e 3,396 mAs, ambos com valores ligeiramente inferiores aos de referência europeus<sup>(13)</sup>. Esta dispersão de valores das condições de exposição usadas no sistema digital poderá dever-se à sua maior latitude de exposição, característica das placas de fósforo, representando uma desvantagem devido à maior probabilidade de erro do técnico.

O sistema digital apresenta, no entanto, a desvantagem da possibilidade de serem utilizados parâmetros superiores aos necessários. Como exemplo, o valor máximo de mAs aplicado no Hospital B foi o dobro do máximo aplicado no Hospital A, apesar das doses serem menores nesse Hospital.

Na Radiologia por sistema digital sobre ou sub-exposições já não provocam filmes muito escuros ou muito claros. Assim para evitar aumentos de dose, os Técnicos devem confiar nos indicadores de exposição baseados ou na quantidade de sinal que alcança o detector, ou nas condições de exposição, dados esses que podem ser indicados no cabeçalho DICOM de cada imagem<sup>(14)</sup>.

Outra possível explicação para as maiores doses observadas no hospital A poderá ser o tipo de crianças estudadas, em média, com mais peso (26,56 kg) e também mais altas (122,33 cm).

Ambos os hospitais utilizaram maioritariamente a DFF 180 cm. O Hospital B utilizou também DFF de 150 cm, que não foi utilizada no Hospital A. Teoricamente, a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância implicaria maior DEP e dose efectiva, o que acabou por não se verificar.

No Hospital A a incidência mais utilizada foi a PA (70,4%), enquanto no Hospital B as frequências de exames em PA e AP são semelhantes (48,1% e 51,9%). Também este factor é levado em conta no cálculo da DEP e dose efectiva, sendo que na incidência AP existe menor factor protector natural em relação aos órgãos mais sensíveis.

O potter, que incorpora uma grelha de anti-dispersão, implica um aumento das condições de exposição. Em todos os exames efectuados no Hospital A foi utilizado o potter, enquanto no Hospital B só em 1/3 dos casos foi usado.

With the non-digital imaging procedure, almost the totality of the examinations exceeded the kVp reference levels, defined by the ECC. With the digital imaging procedures, this fact is verified in 25,9% of the cases. The reasons for these arise from other considerations regarding the role of the applied voltage in the quality of the radiographic image and in the patient dose<sup>(13)</sup>. Another factor that influences the dose values is the mAs. The averages of the mAs values applied in each hospital were similar: 2,556 mAs in Hospital A and 3,396 mAs in Hospital B (both slightly below the European reference levels<sup>(13)</sup>). We have also verified a higher dispersion of exposition parameters in the Hospital B, which is probably related with the higher latitude of detection of the digital detectors. We think this fact may represent a disadvantage since it may increase the probability of an error from the physician. The digital system presents the disadvantage of allowing the use of exposure parameters higher than the necessary. For example, the maximum mAs value applied in Hospital B was twice the highest value applied in Hospital A, despite the doses calculated for the first hospital being lower.

In radiology with digital systems over or under expositions may not produce films too dark or too bright. Because of this, to avoid increasing the dose, the physicians should trust in the exposure indicators, based in the quality of the signal detected or in the exposure conditions, since these data may be described in the DICOM header of each image<sup>(14)</sup>.

Another possible explanation for the higher doses registered in Hospital A may be the children examined in this hospital, with higher average weight (26,56 kg) and height (122,33 cm).

Both hospitals used, in the majority of the situations, a FFD equal to 180 cm. Hospital B used also a FFD equal to 150 cm, which was not used in Hospital A. Theoretically, applying the inverse square law, lower FFD would lead to higher ESD and higher Effective Doses, but this was not confirmed by the average doses calculated.

In the Hospital A the projection mostly used was the PA projection (70,4 % of the cases), while in the Hospital B the frequencies of both projections (PA and AP) were similar (48,1% and 51,9%). This factor is also taken into account in the calculation of ESD and Effective Dose, being the projection AP the one presents the lower natural protection factor regarding the most sensitive organs.

The potter, which incorporates the anti-scatter grid, lead to an increase of the exposure conditions. In all the examinations performed in Hospital A the potter was used, while in Hospital B, this was used only in 1/3 of the cases.

Uma das limitações que se verificou na realização deste trabalho foi a forma de cálculo de DEP e dose efectiva, obtidas através de um programa informático por meio de variáveis do exame e não da medição directa com recurso a dosímetros termoluminescentes (TLD) ou qualquer outro tipo de aparelho medidor.

Seja qual for a técnica de Radiodiagnóstico utilizada, digital ou não-digital, é possível reduzir a dose de radiação nos exames radiológicos. Por exemplo, através da implementação de protocolos padrão com os parâmetros de exposição. O controlo automático de exposimetria actualmente é calibrado para adultos não é recomendado para crianças, mas novos controlos encontram-se a ser desenvolvidos e poderão conduzir a uma diminuição de dose em bebés e crianças até 30%<sup>(15)</sup>. Por outro lado, as grelhas anti-difusoras deverão apenas ser utilizadas em corpos com espessura superior a 10-13 cm, pelo que devem ser retiradas para pacientes pequenos.

## Conclusão

Os exames do tórax, em crianças dos 5-10 anos de idade realizado com recurso a um sistema não-digital, implicam uma maior DEP e dose efectiva para o paciente, quando comparado com o mesmo exame realizado com recurso a sistemas digitais, nos hospitais em estudo.

A média das doses em ambos os sistemas de aquisição de imagem, quer a digitalização indirecta quer as películas, são menores que as referências recomendadas pelo ICRP e pela CCE, para as faixas etárias em questão.

One of the limitations verified during the realization of this work was the means by which the ESD and the Effective Dose were calculated. These values were obtained by computational simulations, based on the exposure parameters, instead of being directly measured by termoluminescent dosimeters (TLD) or by any other dosimeter.

With any of the radiological techniques used, digital or non-digital, it is possible to reduce the radiation dose in radiological examinations. This is possible by, for example, implementing standard protocols with the exposure parameters. In many cases, the Automatic Exposure Control is calibrated to adult patients, which makes this option not recommended to children examinations. However, new AEC calibration modes are being developed, which could lead to a 30% decrease of the dose to children<sup>(15)</sup>. Additionally, the anti-scatter grids should only be used with bodies presenting a thickness higher than 10-13 cm, which means that they should be removed with small children.

## Conclusion

In the hospitals considered in this study, the thorax examinations, in children between 5 and 10 years old, when performed with a non-digital system, led to higher ESD and Effective doses to the patient than with a digital system.

The average doses, with both acquisition systems, are below the values recommended to these age intervals by ICRP and by the European Community Commission.

## Referências / References

- [1]. RAISSAKY MT. - Pediatric radiation protection. Eur Radiol Syllabus 2004; 14: 74-83.
- [2]. HUDA W. - Assessment of the problem: pediatric doses in screen-film and digital radiography. Pediatric Radiology 2004; 34: 173-82.
- [3]. European Union Council. Directive 97/43/EURATOM from the Council – 30th of June of 1997.
- [4]. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics (EUR 16261 EN). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996.
- [5]. Portugal. Diário da República – I série A, nº180 – 8 de Agosto de 2002.
- [6]. HALLER, JO; JOSHI, A; SLOVIS TL. - Pediatric radiology; 3rd ed. Würzburg: Springer, 2004.
- [7]. OLIVEIRA ML, KHOURY H. - Influência do procedimento radiográfico na dose de entrada na pele de pacientes em raio-x pediátricos. Radio Bras 2003; 36: 105-9.
- [8]. HUFTON AP, DOYLE SM, CARTY HM. - Digital radiography in paediatrics: radiation dose considerations and magnitude of possible dose reduction. The British Journal of Radiology 1998; 71: 186-99.
- [9]. Stuk – Radiation and Nuclear Safety Authority. A PC-based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. in: [http://www.stuk.fi/sateilyn\\_kayttajille/ohjelmat/PCXMC/en\\_GB/pcxmc](http://www.stuk.fi/sateilyn_kayttajille/ohjelmat/PCXMC/en_GB/pcxmc), accessed at 20th of February of 2007.
- [10]. KROFT L, VELDKAMP W, MERTENS B, BOOT M, GELEIJNS J. (2005) - Comparison of Eight Different Digital Chest Radiography Systems: Variation in Detection of Simulated Chest Disease. AJR 2005; 185:339–346.
- [11]. CARVALHO E, GRILO R., MATELA, N., PEREIRA, P. - Avaliação dos Padrões de Dose em Radiologia Pediátrica: Comparação entre sistemas convencionais de películas e sistemas de digitalização de imagem entre crianças dos 0-5 anos de idade, na radiografia do tórax em incidência Antero-Posterior. Revista Lusófona de Ciências e Tecnologias da saúde 2007; 1, 4, 37-45.

- [12]. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging: Review and Additional Advice. A web module produced by Committee 3 of the ICRP. in: [www.icrp.org/docs/DRL\\_for\\_web.pdf](http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf), accessed at 27th of February of 2007.
- [13]. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics (EUR 16261 EN). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1996. In: Hardy M, Boynes S. Paediatric Radiography. 1 st ed. London: Blackwell Science, 2003.
- [14]. WILLIS CE. Strategies for dose reduction in ordinary radiographic examinations using CR and DR. *Pediatric Radiology* 2004; 34: 196-S200.
- [15]. BEMHARDT P, LENDL M, DEINZER F. (2006) - New technologies to reduce pediatric radiation doses. *Pediatric Radiology* 2006; 36: 212–15.

