



Autor: Marcio Issamu Haraguchi

Co-autor: Dr. Hae Yong Kim

Orientador: Dr. Wilson Aparecido Parejo Calvo

Tecnologia de Refino e Petroquímica

Mestrado

Imageamento de equipamentos industriais pela técnica de perfilagem por raios gama



## RESUMO

A perfilagem de colunas por raios gama (*column gamma scan*) é uma técnica nuclear empregada para solucionar problemas em equipamentos de processos industriais, nas refinarias e petroquímicas. Consiste na utilização de uma fonte selada e um detector de radiação [NaI(Tl)], obtendo-se o perfil de densidade unidimensional (1D) do equipamento.

Nas últimas décadas, ocorreram algumas melhorias na técnica de perfilagem, tais como, na digitalização contínua das informações e nos sistemas de detecção da radiação (*wireless*). Novos aplicativos melhoraram a qualidade da apresentação dos resultados. Entretanto, a condição da técnica não mudou drasticamente, desde sua criação. Seu resultado é simplesmente um gráfico 1D da densidade média, em função da altura do equipamento industrial.

A tecnologia inovadora proposta neste trabalho de Mestrado utiliza a reconstrução tomográfica industrial, via algoritmos iterativos derivados da ART (*Algebraic Reconstruction Technique*) e do MART (*Multiplicative Algebraic Reconstruction Technique*), para apresentar o resultado de perfilagem como uma imagem bidimensional (2D) da distribuição de densidade, ao invés de um gráfico 1D. Nitidamente, uma imagem 2D possui mais informações técnicas do equipamento em análise, permitindo um avanço na tecnologia de ensaios não destrutivos (END). Assim, muitos problemas operacionais não detectáveis em equipamentos de processos industriais podem ser descobertos e solucionados de forma *on-line*, usando-se o imageamento 2D. Esta tecnologia permitiu que um pedido de patente fosse depositado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

## PERFILAGEM DE COLUNA POR RAIOS GAMA (COLUMN GAMMA SCAN)

Equipamentos de processos industriais podem ser tão complexos que a solução dos problemas torna-se bastante difícil, quando seus parâmetros escapam dos valores normais. Um simples sintoma, causado por diferentes fatores, pode requerer uma parada multimilionária ou um simples reparo de instrumento. É nesse cenário que uma correta identificação do problema é crucial para várias áreas de engenharia envolvidas na operação da planta.

A perfilagem de colunas por raios gama ou *column gamma scan* é uma das técnicas de ensaios não destrutivos (END) mais empregadas para se avaliar o funcionamento mecânico-operacional, em tempo real, dos equipamentos de processos industriais. Nessa técnica, uma fonte radioativa e um detector de radiação são posicionados ao redor do equipamento e movimentados ao longo do seu comprimento. Os valores de atenuação da radiação medidos permitem que um perfil de densidades longitudinal do equipamento seja obtido (FIG. 1). Em seguida, o perfil de densidades ou gráfico de escaneamento é analisado, a fim de que um relatório do ensaio realizado seja redigido.

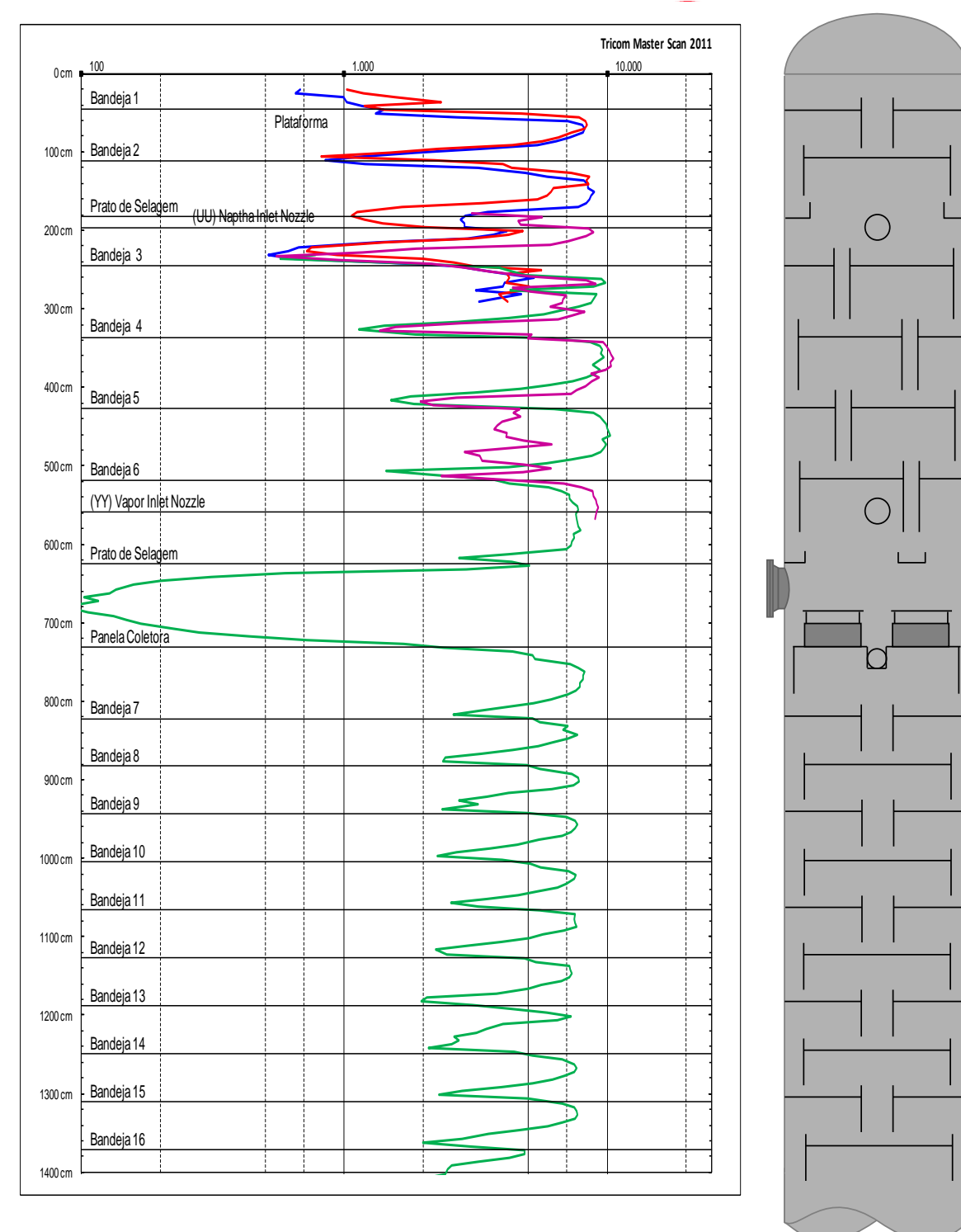


FIGURA 1 – Típico perfil de densidades da perfilagem de coluna por raios gama.

Apesar de conceitualmente simples, a técnica apresenta muitas dificuldades e particularidades: da dificuldade de treinamento de pessoal, passando pela aplicação e até na análise dos resultados que limitam a disseminação da técnica.

## IMAGEAMENTO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

A proposta deste trabalho é obter um perfil de densidades bidimensional de equipamentos industriais utilizando-se a técnica de perfilagem de colunas por raios gama, com o auxílio de reconstrução tomográfica. O processo de reconstrução calcula a densidade em cada região a partir de um número limitado de medições (FIG. 2). Dessa forma, conhecendo-se a intensidade da radiação recebida para cada coordenada do emissor e do detector, é possível obter uma imagem tomográfica de praticamente qualquer arranjo geométrico espacial.

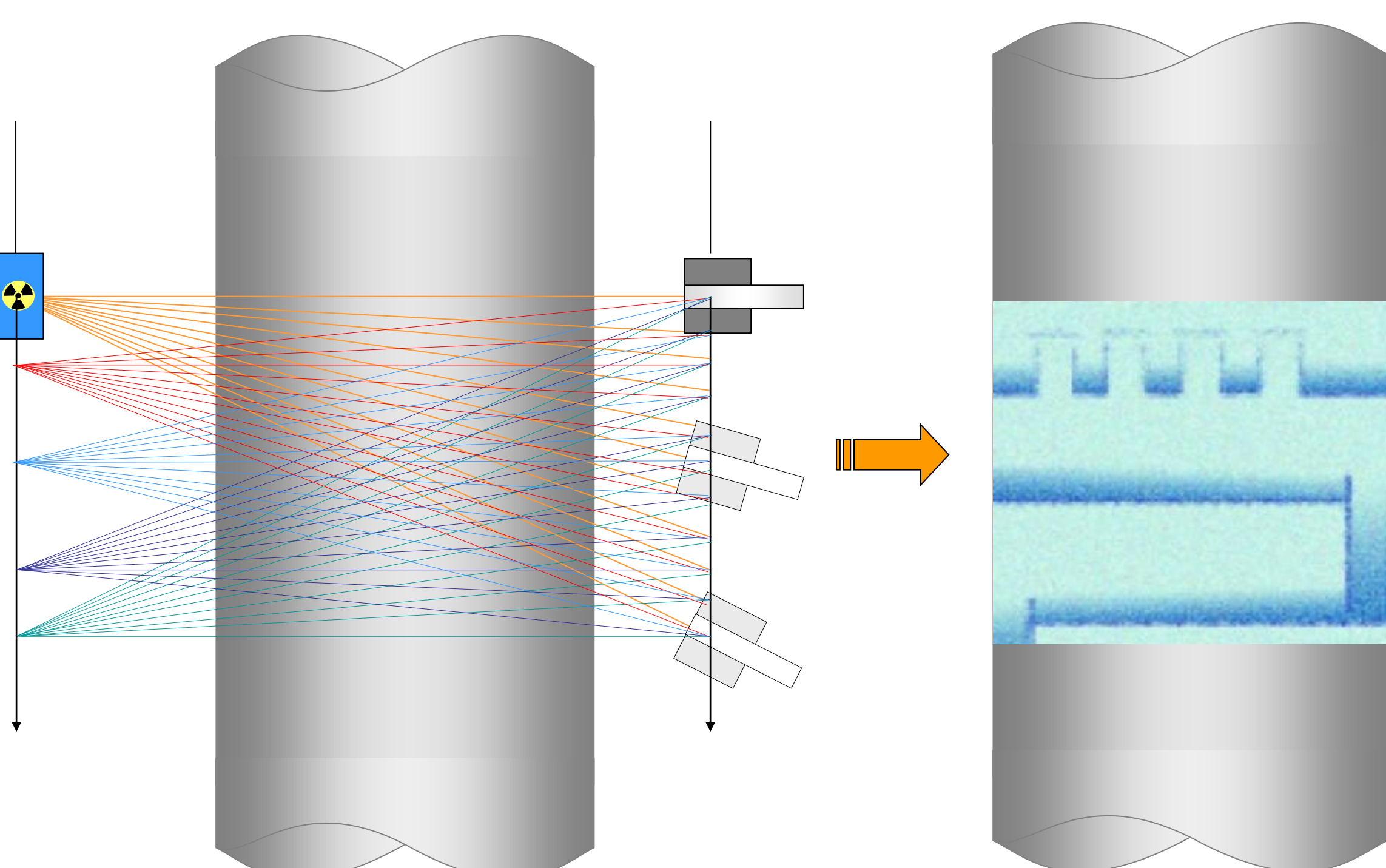


FIGURA 2 – Esquema geral e simulação do imageamento de um equipamento industrial pela técnica de perfilagem por raios gama.

Além de um método de irradiação e de reconstrução tomográfica, o desenvolvimento da técnica gerou outras ferramentas importantes, tais como, a simulação dos modelos de perfilagem gama e de reconstrução 2D, a partir do modelo simulado (FIG. 3).

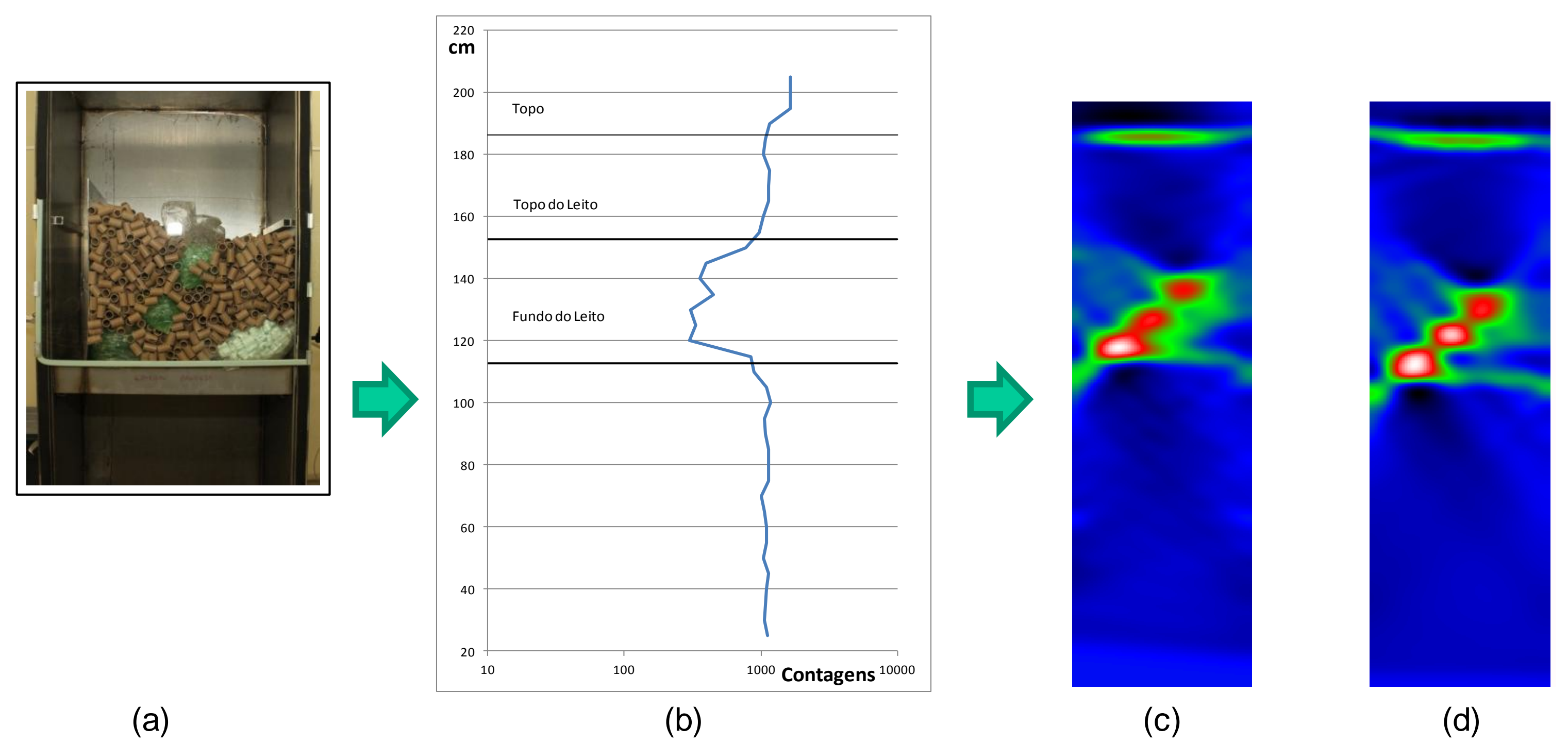


FIGURA 3 – Protótipo de coluna com recheio randomico (a), perfilagem por raios gama correspondente (b), imagem tomográfica obtida a partir da irradiação (c) e simulação (d).

Outra ferramenta desenvolvida foi o uso de conhecimento “apriori”, o qual permite fornecer uma proposição inicial para os resultados a serem obtidos, que pode vir do conhecimento prévio do modelo (plausível no caso de equipamentos de processos industriais) ou baseado numa imagem reconstruída inicialmente obtida, permitindo o refinamento da solução para a distribuição de densidade (FIG. 4).

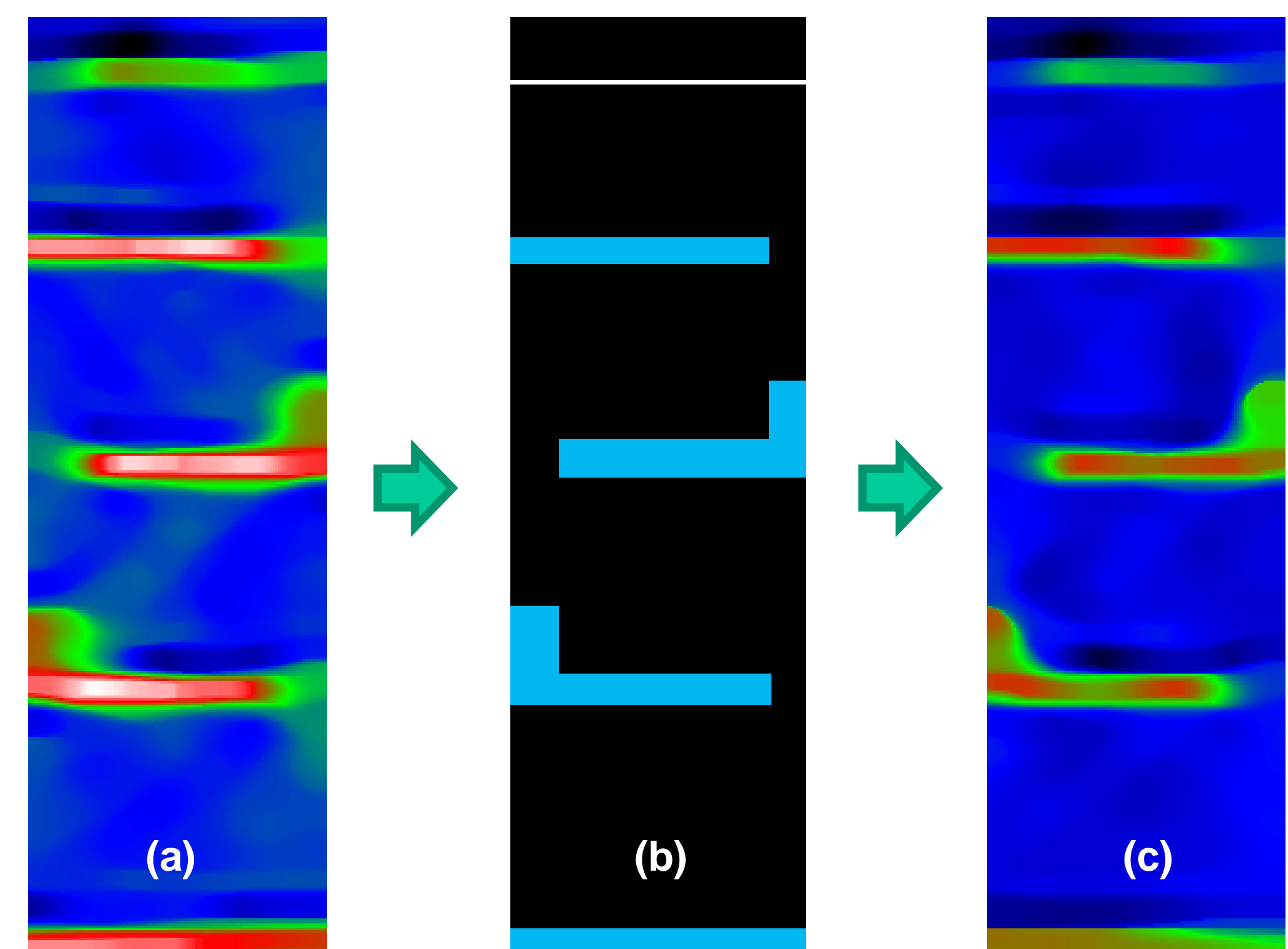


FIGURA 4 – Imagem reconstruída da irradiação real de uma coluna de pratos (a), modelo de “a priori” para refinamento (b) e imagem tomográfica refinada obtida com o uso de “a priori” (c).

## CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho de Mestrado em gerar imagens da distribuição de densidades 2D longitudinais, a partir da técnica de perfilagem de colunas pode ser considerada cumprida. Ainda que modelos funcionais das colunas de processo industrial, com fenômenos reais que ocorrem na indústria e diferenças graduais de densidade não tenham sido analisadas, as imagens tomográficas geradas revelaram, de forma clara, as principais feições dos modelos construídos, facilitando a interpretação dos resultados obtidos de forma precisa e direta.

A técnica de imageamento de equipamentos industriais utilizando perfilagem por raios gama mostra-se, assim, bastante promissora representando um nítido avanço sobre as técnicas atualmente disponíveis no mercado de ensaios não destrutivos para a indústria.

No processo de desenvolvimento, o conhecimento adquirido em vários campos deve beneficiar outras técnicas de ensaios não destrutivos (END). Novas técnicas de calibração e radioproteção podem ser tanto empregadas na perfilagem de colunas tradicional como em projetos de tomografia industrial convencional. Avanços relacionados à capacidade de simular irradiações permite planejar, antever e comparar com os resultados de experimentos práticos tem aplicação imediata na tomografia industrial convencional. Melhorias no sistema de reconstrução de imagens e o uso de resultados “a priori” também devem ser aplicados na tomografia industrial.

O trabalho aponta também a necessidade de desenvolvimento em diversas frentes sejam para aperfeiçoar a tarefa em escala laboratorial com aplicativos, simuladores, sistemas de automação e de simulação de processo ou para adquirir informações sobre a própria técnica, como no cálculo de “ $\mu$ s” e de determinação da resolução espacial. A aplicação e a investigação do uso de outras tecnologias para as necessidades específicas desta técnica, também abre potencial para outras atividades tecnológicas e acadêmicas. Finalmente, também é necessário preparar a tecnologia para uso real em campo, através de testes de aplicação para vislumbrar limitações e novos desafios.

## TRABALHOS FUTUROS

As próximas etapas do desenvolvimento da tecnologia na Tese de Doutorado devem ser feitas em quatro frentes:

- Automação da perfilagem por raios gama, para uso em escala de laboratório e no campo;
- Aumento da precisão, melhoria dos contornos e das medidas de erro;
- Visualização dos fenômenos de processo industrial; e
- Aplicação da tecnologia em campo (escala real).