

# **A IMPORTANCIA DA LOGÍSTICA NO TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO DE MEIA VIDA, UTILIZADO NA MEDICINA NUCLEAR.**

Adm. Alessandro Rodrigues da Silva

Profº. Msc. Adriano Macêdo dos Santos

## **RESUMO**

A descoberta da possibilidade de utilização da radiação na medicina foi um divisor de águas, tanto na medicina, quanto na própria indústria nuclear, que havendo esta fusão, trouxe um enorme ganho para ambos em vários aspectos, e muito mais ao paciente que fora beneficiado com uma maior precisão nos diagnósticos de seus exames, possibilitando assim, um melhor tratamento e maior probabilidade de cura. Com a finalidade de entender a importância da logística de transporte deste tipo de material, e a complexibilidade em relação ao tempo de vida útil do material radioativo, foi identificado que a logística é de suma importância para o êxito deste exame, pela necessidade de um planejamento muito bem feito e tudo estar alinhado do local de fabricação até o ponto de entrega. Trata-se de um material que logo após sua fabricação vem decaindo a sua radiação a cada minuto que passa, e que é extremamente importante para a medicina nuclear, pois esta substância é de imprescindível importância para uma visualização adequada das partes concentradoras do FDG-18-F, este açúcar com doses de radiação, que tende a se concentrar nas áreas doentes do corpo, facilitando a visualização das mesmas pela máquina PET Scan.

**Palavras-chave:** Medicina nuclear, Logística, Transporte, FDG-18-F, PET Scan.

## **ABSTRACT**

The discovery of the possibility of utilization of radiation in medicine was a water divisor, both in medicine, and in the nuclear industry itself, that there this fusion, brought a big gain for both sides in several aspects, and much more for the patient that was beneficiated with a bigger precision in the diagnostics of your exams, thus enabling, a better treatment and more probability of cure. With the finality to understand the importance of transportation logistics of this kind of material, and the complexity in relation to the useful lifetime of the radioactive material, was identified that the logistics is of paramount importance to the success of this exam, by the necessity of a well done planning and everything be aligned by the manufacture to the end point. It is a material that shortly after its manufacture, every passing minute the radiation level decrease, which is extremely important to the nuclear medicine, because this substance is of a essential importance to a adequate visualization parts of FDG-18-F, this sugar with radiation doses, which tends to concentrate in the body diseased areas, facilitating the visualization of them by the PET Scan machine.

**Keywords:** Nuclear medicine, Logistics, Transport, FDG-18-F, PET Scan.

## 1 INTRODUÇÃO

O diagnostico precoce de uma doença tem sido o grande objetivo dos médicos como um todo, uma vez que a doença sendo detectada em seu estágio inicial aumentará cada vez mais chance de êxito no tratamento do paciente, e na historia tem vários relatos que mostra a frustração de vários profissionais da saúde, onde lamentam que as doenças não tenham sido encontradas rapidamente, por falta de equipamentos que colaborem para um rápido e eficiente auxilio para detectar uma área afetada, por algum agente agressor ou mesmo uma falha de funcionamento do organismo.

A medicina nuclear chega trazendo uma grande contribuição, e por que não dizer uma valiosa e imensurável contribuição, onde os médicos conseguem identificar de forma mais precisa e de fácil observação parte do corpo e órgãos que possam esta precisando de um melhor estudo, podendo assim, utilizar de uma forma menos invasiva para o paciente.

A medicina com o passar dos anos tem se aperfeiçoado e buscado dar uma melhor assistência a população, e os seus métodos tem evoluído cada vez mais, utilizando da tecnologia que tem se mostrado como uma ótima ferramenta para a obtenção de bons resultados e melhora nos exames que antes não existiam, e de certa forma era muito invasivo e trazia muito mais risco para a vida humana, e com o aparecimento de novas formas e com o avanço da tecnologia, assim ajudando para um melhor diagnostico de uma possível doença, que a principio pode se manifestar com apenas um mal estar ou dor.

A descoberta da possibilidade de usar o material radioativo na medicina, tem revolucionado no que diz respeito a diagnostico de certas doenças que antes não eram descobertas em seus estágios iniciais, e muitas vezes quando descobertas os seus tratamentos eram abaixo do esperado por já esta muitas vezes em processo avançado de mais para um tratamento eficaz, com a medicina nuclear e a utilização de matérias radioativos que vem facilitar a visualização de um possível problema e permitindo assim um estudo mais avançado, e muitas antes mesmo de uma manifestação aguda, podendo até mesmo está em um estagio inicial, onde o seu tratamento terá uma maior possibilidade de cura para o paciente.

A medicina nuclear vem como um ferramenta importantíssima, pois com a capacidade de permitir uma visualização interna do ser humano com a utilização de compostos marcados com radionuclídeos, os radiofármacos para fins de facilitar um diagnóstico, confirmar uma suspeita, e balizar um tratamento, uma vez que a radiação emitida pelo composto é feita, equipamento capta e gera uma imagem, onde se pode ter uma visualização de onde está a aglomeração do material dentro do corpo.

A logística tem sua importância indiscutível em toda a história, seja para deslocar de locais próximos com cuidado e tempo programado, como para outros Estados e Países, o transporte de materiais é inevitável, e este deve ser feito dentro de normas e padrões pré-estabelecidos, e seguindo o rigor de cada órgão fiscalizador que esteja envolvido neste processo, e com os devidos prazos a serem cumpridos, que cada carga exige, uma vez que dependendo da carga deve se adotar todo um processo específico e detalhado para que não exista falha e perda para todas as partes envolvidas. Motivo pela qual, a sua atividade explorada neste estudo, por saber da importância e especificidade do transporte de carga radioativa.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 LOGISTICA**

A logística existe desde o tempo da pré-história, onde os ancestrais do homem moderno já tinham esta necessidade, e que só poderia ser atendida com uma organização logística, lógico que nesta época não era visto e nem denominado como hoje vemos, e estes transporte pode ser de grande ou pequeno porte, e que se mostrou cada vez mais importante com o passar dos anos e de séculos para a raça humana, para se estabelecer e mudar de locais, a locomoção das materiais de seu lugar original foi em todo tempo algo muito importante, uma vez que no início da humanidade a grande maioria eram nômades, ou seja, era de grande valia conseguir levar o máximo possível de tudo que se tinha adquirir no tempo que ficará naquela localidade, vemos então a grande importância da logística em todo o tempo, e sendo até mesmo vital em certos momentos da existência humana.

A logística teve e foi um grande diferencial em momentos da história como na segunda guerra mundial, onde os materiais bélicos com suas tecnologias poderiam mudar a realidade, porém precisava chegar até o fronte de batalha, e aí entra a logística fornecendo meios para que esta necessidade fosse atendida, e assim possibilitando uma vantagem em um momento de crise, pois com a necessidade de levar outros materiais também importantíssimo como por exemplo: comida, acampamento hospitalar, armas de guerra pesadíssimos, um número elevado de pessoas ao mesmo tempo em pouco tempo, pois a chegada deste contingente poderia mudar realidades e até mesmo decidir o vencedor da batalha.

Como verificado em meio à história da humanidade foi surgindo necessidade que tinham que ser atendidas e estas, poderiam ser em relação os mantimentos que não eram consumidos ou utilizados no local de origem, e muitas vezes necessitando de transportar ou até mesmo um armazenamento, onde a logística veio a desenvolver um papel importante, como confirmado por Ballou:

Nas épocas mais antigas da História documentada da humanidade, as mercadorias mais necessárias não eram feitas perto dos lugares nos quais eram mais consumidas, nem estavam disponíveis nas épocas de maior procura. Alimentos e outras commodities eram espalhados pelas regiões mais distantes, sendo abundantes e acessíveis apenas em determinadas ocasiões do ano. Os povos mais antigos consumiam os produtos em seus lugares de origem ou os levavam para algum local profundo ou armazenando-os para utilização posterior. (BALLOU 2007. p.25)

A logística com o passar do tempo tem buscado se aperfeiçoar em todas as modalidades ou modais de meios de transporte, temos vários tipos e formas de transportar materiais e por diferentes meios, dependendo dos obstáculos a ser vencidos, podemos utilizar da logística por terra com caminhões de todos os portes, trens, carros, temos também pelo ar com aviões de todos os tamanhos, helicópteros, e ainda temos por mar com navios com várias capacidades e barcos menores, pois permite passar por acessos difíceis, e é possível ter uma maior velocidade no transporte, que dependendo da importância da carga pode até mesmo fazer a diferença entre a vida ou a morte.

Podemos assim identificar como a logística tem sido um ferramenta de grande importância, ou porque não dizer, que é uma peça fundamental para se conseguir entregar, distribuir e até mesmos retornar os materiais por todo o mundo com a logística reversa, e com todas estas possibilidades vistas, não demorou muito para que surgissem empresas que se aprimoraram neste tipo de serviço, uma vez que para tipo de carga a ser transportado se tem um especificação diferente, e estas empresas tem crescido e ampliado a cada dia sua atuação em vários setores diferentes, desta forma facilitando e contribuindo para o cumprimento dos prazos, buscando sempre uma qualidade de serviço para remetente ou para o destinatário.

### 2.1.1 TRANSPORTE DO MATERIAL RADIOATIVO

Com a evolução da tecnologia na medicina, e cada dia sendo criados equipamentos mais avançados, estes produzidos para auxiliar no diagnostico de certas doenças, que antes não era detectado em seu estágio inicial, assim dificultado o inicio de um tratamento que por sua vez acabavam diminuindo as chances de cura dos pacientes.

Com a liberação da utilização de materiais radioativos na medicina, através de equipamentos avançados e de grande eficácia no diagnostico prévio ou como comprovação de suspeitas de doenças, isso acabou exigindo da logística um aprimoramento no que diz respeito a transporte destes materiais, utilizaremos o FDG (substancia Fludesoxiglicose) como base de analise de seu transporte logo após sua fabricação, este material é utilizado na medicina nuclear no equipamento PET scan, que é uma tomografia por emissão de pósitrons (Positron Emission Tomography), material de meia vida, que logo após sua fabricação sua radiação segue em declínio a cada minuto, sendo assim de suma importância todo o processo de logística que envolve seu despacho o mais rápido possível para o seu local de utilização.

Segundo Christopher (1997, p.2), a logística é o processo de gerenciar estrategicamente aquisição, movimentação e armazenagem de materiais e produtos acabados bem como os relativos fluxos de modo a maximizar as lucratividades presente e futura através da redução dos custos.

Sendo assim, a movimentação consciente e programada tende a evitar custos maiores, perdas e futuros problemas para uma organização, e todos envolvidos neste processo logístico.

O material radioativo tem uma logística diferenciada por se tratar de um material de meia vida, ou seja, perde sua propriedade radioativa com o passar do tempo, é nisto que uma logística bem feita e com uma programação ajustada levará a um sucesso neste processo de transporte de uma substância tão importante, lembrando que esta necessidade se aplica para os centros hospitalares que não fabricam o material no mesmo local de utilização, e que a rapidez e ajustes nos processos fazem total diferença para uma eficácia na utilização do material por parte da instituição compradora e para o paciente que terá esta substância como fundamental, para a obtenção de um resultado apurado do exame a ser feito.

## **2.2 MEDICINA NUCLEAR**

Tem sido nos dias atuais uma das maiores ferramentas de auxílio no diagnóstico de doença e disfunções no corpo humano, e através de sua utilização cada vez mais, as doenças tem sido identificadas precocemente, desta forma permitindo uma melhor capacidade de intervenção e tratamento, e com o avanço da tecnologia aplicada na área médica espera-se uma conquista cada vez mais na luta contra as doenças.

A radiação hoje utilizada na medicina é consequência de grandes homens, e por que não dizer cientistas, com suas mentes brilhantes que se dedicaram a buscar cada vez mais métodos de melhoria e avanço nas formas de fazer leitura do corpo humano, sem necessitar de formas invasivas, assim evitando infecções e riscos cirúrgicos, e maiores danos à saúde e vida do paciente.

A medicina nuclear busca observar a estrutura fisiológica, através da observação do comportamento das moléculas através da marcação com isótopos radioativos.

### **3.1 Uma parte da História nuclear**

A medicina nuclear na visão de muitos tem seu início por Henri Becquerel em 1896, onde descobre a radioatividade natural, e por Marie e Pierre Curie que descobrem elementos naturais radioativos em 1898, estas descobertas deram aos três cientistas o Prêmio Nobel de Física de 1903.

Segundo Chaves e Shellard (2005, p.155) a radioatividade natural pelo francês Henri Becquerel (1858-1902), em 1896, e de elementos radioativos naturais pelo casal Marie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), em 1898, que deram aos três o Nobel de física de 1903.

Fica assim notório, a importância da física e da radioatividade tanto no meio acadêmico, como sua utilização mais a frente na medicina, e contribuindo como uma grande ferramenta.

Por outro lado foi o químico húngaro George Hevesy em 1913 que apresenta o “princípio do traçador”, onde realmente forneceu o fundamento biológico para a especialidade, ele fez experiências com o nitrato de chumbo marcado com o nuclídeo radioativo  $^{210}\text{Pb}$ , que comprovou sua absorção e locomoção em plantas, e por este feito ele recebe o Prêmio Nobel de Química de 1943.

Ainda nos primeiros vinte anos do século passado, químico húngaro George de Hevesy (1885-1966), estabeleceu o princípio do traçador – uso de núcleos radioativos para acompanhar o fluxo do sangue e de outras substâncias no organismo –, fundamento básico sobre o qual se desenvolveu a medicina nuclear. Por esse trabalho, ele recebeu o prêmio Nobel de química de 1943.(CHAVES e SHELLARD 2005, p.155)

A invenção e construção do ciclotron em 1932, por Ernest O. Lawrence e M. Stanley Livingstone, possibilitaram a produção de radionuclídeos artificiais, através do bombardeamento de núcleos-alvos por partículas positivas aceleradas e por este feito Lawrence ganha o Prêmio Nobel de Física em 1939, porém a produção de quantidades suficientes de radionuclídeos para uso médico só se iniciou com o advento dos reatores nucleares, desenvolvidos no período da Segunda Guerra Mundial.

Como afirma Chaves e Schellard ( 2005, p.155) o projeto e a construção do primeiro ciclotron pelo norte-americano Ernest Lawrence (1901-1954) – Nobel de física em 1939 –, que levaram à produção de radionuclídeos artificiais, ampliando as aplicações diagnósticas e terapêuticas das radiações ionizantes.

Nos Estados Unidos o reator Oak Ridge, que começa sua produção em escala comercial em 1946, e no Reino Unido em 1947 em Harwell.

No princípio existiam poucos radionuclídeos adequados para a aplicação na medicina, e a maioria dos estudos clínicos eram focados na avaliação da glândula tireóide e suas disfunções, com o uso do  $^{131}\text{I}$  na forma de iodeto. O contador Geiger-Muller era o principal detector usado, que indicava e media a presença do radiofármaco, mas, sem distinguir a energia da radiação gama detectada; tampouco produzia imagens da distribuição do composto. Em 1951 que Benedict Cassen ao inventar e construir o mapeador linear, assim deu início à era de diagnóstico por imagens radionuclídicas.

Foi em 1958 que Hal Anger desenvolveu a câmara de cintilação, sistema de formação de imagens que não necessitava a movimentação do detector e com uma maior resolução geométrica, permitindo uma possibilidade de projeções diferentes de uma mesma distribuição de radiofármaco. A câmara de cintilação transformava em imagens as informações obtidas e eram exibidas por um tubo de raios catódicos, e desta forma podiam ser registradas em filmes ou chapas fotográficas, e estas câmaras Anger, serviram de base para as modernas câmaras usadas nos dias de hoje.

Em 1960 com o desenvolvimento dos computadores, foi possível adquirir, armazenar e processar as imagens obtidas com as câmaras de cintilação, e na década de 1970 com maiores avanços e principalmente no desenvolvimento e na implementação de métodos de reconstrução permitiram a realização de tomografias por emissão de fótons únicos (single photon emission computed tomography), SPECT, este feito por David E. Kuhl e sua equipe na Universidade da Pensilvânia, e a de PET, por Gordon L. Brownell e colaboradores no Hospital Geral de Massachusetts, como também Michael E. Phelps e colegas na Universidade da Califórnia em Los Angeles, e como não destacar a contribuição de David Chesler ao propor e reconstruir cortes tomográficos de emissão e transmissão pelo método da



retroprojeção em 1971. Variações deste método de reconstrução ainda são muito usadas na rotina clínica.

#### **4 PET SCAN**

Os médicos Edward Hoffman e Michel E. Phelps, nos anos de 1973, que na Universidade de Washington desenvolveram este exame, as denominações PET-Scan e PET-CT possuem o mesmo significado. A PET Scan vem unindo os recursos da medicina nuclear e da radiologia, onde ela sobrepõe as imagens metabólicas às imagens anatômicas, assim produzindo um terceiro tipo de imagem.

A PET Scan é uma sigla em inglês para tomografia por emissão de pósitrons (Positron Emission Tomography), este equipamento tem sido de grande valia na medicina, pois permite através de imagem dos locais por onde a substância radioativa estiver espalhada, e assim tendo uma visualização da área com o acúmulo da substância em toda dimensão do corpo humano, e o local que apresentar alguma anomalia, apresentara um acúmulo da glicose na região que precisa se estudar, esta forma facilitando ou servindo de comprovação de suspeitas pré existente, os primeiros modelos de PET vendidos para o comércio foi em 1975.

Na medicina nuclear, os diagnósticos são feitos a partir da administração, ao paciente, de um radiofármaco, composto marcado com algum radionuclídeo. O radiofármaco, em níveis milimolares ou picomolares, segue um caminho funcional ou metabólico específico no organismo do paciente, e as imagens, obtidas a partir da detecção da radiação emitida, fornecem informações sobre o funcionamento do sistema ou tecido examinado. O caminho específico do radiofármaco e a baixa concentração administrada conferem aos estudos desta modalidade uma alta sensibilidade, bem como as características funcionais e/ou metabólicas essenciais para a detecção precoce de muitas doenças, pois as alterações anatômicas, muitas vezes, não se manifestam senão em estádios relativamente avançados, como ocorre com diversos tipos de câncer. (CHAVES e SHELLARD 2005 p.158 e p.159)

A PET Scan tem a vantagens em relação aos outros exames, pois este exame permite medir a atividade metabólica das lesões, assim demonstrando a atividade no local, podendo antes mesmos do efeitos morfológicos, detectar a presença de alterações, assim acaba permitindo um diagnostico ainda mais precoce de doenças neoplásicas, ainda tem a vantagem de apresentar uma imagem mais nítida, do que as outras máquinas na medicina nuclear. A PET Scan pode de certa forma informar acerca do estado funcional das estruturas examinadas e não só do seu estado morfológico, e ainda pode gerar imagens em 3D ou imagens em “fatias”, como na tomografia computadorizada comum, contudo este exame deve ser feito com bastante cuidado e atenção, pois áreas em perfeitos estado também podem ter acúmulo de glicose, como por exemplo o fígado e o cérebro, por acumular a glicose, e por isso deve ser visto de forma detalhada, assim evitando possíveis erros de diagnostico.

## **5 FDG – $^{18}\text{F}$**

Esta substancia Fludesoxiglicose ( $^{18}\text{F}$ ) vulgarmente abreviado como  $^{18}\text{F}$ -FDG ou FDG, após a aplicação de  $^{18}\text{F}$ -FDG no paciente, o equipamento Pet Scan pode formar imagens da distribuição da FDG pelo corpo, desta forma facilitando a visualização da estrutura interna do paciente, uma vez que este produto tem sua base de açúcar (glicose) e o organismo doente tende a concentrar maior quantidade de açúcares, a concentração levará a uma observância deste local. Estas imagens podem então ser facilmente visualizadas por médico de medicina nuclear ou radiologista para ressaltar tal disfunção e contribuir para um melhor diagnóstico de várias doenças por parte do médico.

Entretanto, devido à meia-vida física extremamente curta dos emissores de pósitron viáveis e ao alto custo do equipamento, a tecnologia PET só se fixou, na rotina de grande parte das clínicas nucleares dos países desenvolvidos no final década de 1990, com o uso da  $^{18}\text{F}$  (flúor-desoxi-glicose), traçador metabólico aplicável em oncologia, neurologia e cardiologia.(CHAVES 2005 p.159)

Esta substancia tem um tempo de vida curto, e um equipamento caro de certa forma para sua aquisição, e apenas na década de 90 teve como rotina sua utilização por se mostrar eficaz no auxilio dos diagnostico médicos, e também considerando seu alto valor de mercado.

De acordo com Chaves e Shellard (2005, p. 160) porém apenas um tomógrafo PET e três sistemas compostos PET-CT, estes últimos quatro na cidade de São Paulo, pois a produção de  $^{18}\text{F}$  (flúor 18) é feita somente pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, naquela cidade. Entretanto, há no país, menos de 30 físicos com titulação e experiência nessa área.

As poucas indústrias nucleares, como também de institutos qualificados para fabricar tal substancia radioativa, e seus físicos gabaritados para manusear e responder pela qualidade deste material, faz com que o FDG 18 tenha uma atenção redobrada dispensada para ele, e seu trafego como um todo.

### **3 CONCLUSÃO**

Foi verificado que a descoberta da possibilidade da utilização de material radioativo na medicina foi de grande valia, e que a cada ano tem se mostrado mais importante sua utilização para uma melhor conclusão dos casos, e que nos dias atuais é indispensável sua utilização para uma melhor eficácia de um resultado, pois este é de extrema responsabilidade, pois o tratamento adequado e uma cura pode ser o resultado de um trabalho bem feito por todos envolvidos neste processo.

Como o material sai da indústria fabricante e começa a contagem regressiva da vida útil do FDG, para ser aplicado no paciente, e com a utilização do Petscan poder visualizar a imagem, este material (FDG) é de suma importância, tomemos como base um estado que não tenha usina de fabricação do produto Radioativo, exemplificando com Natal/RN, o FDG não é fabricado neste Estado atualmente, sendo assim, vias de transporte a ser adotada: via terrestre da fabrica até aeroporto, via aérea do aeroporto até Natal, já em Natal, via terrestre do aeroporto até o hospital ou clinica para o exame, assim vemos claramente a necessidade de uma logística bem ajustada.

Foi comprovado que por ser uma solução que tem seu tempo de vida decrescente dès do momento de sua obtenção, via processo químico, até a aplicação no paciente, é de extrema importância uma logística muito bem programada, esta visando evitar custos com desperdício e principalmente visando a eficácia do exame do paciente, pois se não chegar com a quantidade de radiação mínima para a sua utilização todo o processo terá sido em vão, causando problemas para o hospital ou clinica que faz o exame, como para o paciente que não terá seu exame executado no dia agendado.

## REFERÊNCIAS

CHAVES, Alaor ; SHELLARD, Ronaldo Cintra. **Pensando o future – Física para o Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial**. Tradução de Raul Rubenick. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

BALLOU, Ronald

CHRISTOPHER, Martin. Logística e **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997.