

FELIPE TADEU NETO VIVEIRO

SISTEMA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES EM UMA UNIDADE
PRODUTORA DE RADIOFÁRMACOS

São Paulo

2010

FELIPE TADEU NETO VIVEIRO

SISTEMA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES EM UMA UNIDADE
PRODUTORA DE RADIOFÁRMACOS

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

São Paulo

2010

FELIPE TADEU NETO VIVEIRO

SISTEMA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES EM UMA UNIDADE
PRODUTORA DE RADIOFÁRMACOS

**Trabalho de formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do diploma
de Engenheiro de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Davi Noboru Nakano

São Paulo

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Viveiro, Felipe Tadeu Neto
Sistema de gestão de operações em uma unidade produtora
de radiofármacos / F.T.N. Viveiro. -- São Paulo, 2010.
p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Administração de estoques 2.Administração estratégica
de
custo 3. Radiotraçadores I. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

DEDICATÓRIA

À minha família, namorada e amigos.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e por toda minha formação acadêmica e pessoal durante a faculdade.

Ao Professor Davi Noboru Nakano, pela disposição e ajuda neste trabalho, além das oportunidades que me ofereceu durante os meus estudos na engenharia.

Aos professores e funcionários da Escola Politécnica, pelos desafios proporcionados durante o curso que ajudaram a me tornar o profissional que sou.

Aos profissionais do Cinrad, por terem sempre me ajudado e fornecido todo o apoio para realizar este trabalho.

Aos amigos que fiz durante todo este período de faculdade, pois sem eles não teria me tornado a pessoa que sou hoje.

A Bárbara, que esteve sempre ao meu lado apoiando e me incentivando para que eu seja sempre uma pessoa melhor.

A minha família, com o seu suporte e carinho não importando quais fossem as dificuldades, alegrando-me e ajudando-me sempre.

EPÍGRAFE

“Não sou novo o bastante para saber tudo”

(J.M. Barrie)

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido para analisar e aperfeiçoar a gestão de operações em uma unidade produtora de radiofármacos, com foco para a produção de fluordesoxiglucose (¹⁸F-FDG). O escopo do trabalho foi a criação de um sistema automático de gestão de estoques e análise dos custos de produção.

O sistema de gestão de estoques utiliza métodos como cálculo de ponto e lote econômico de pedido para padronizar a operação do almoxarifado, através de uma interface de fácil utilização e de alta confiabilidade. A análise de custos utilizou o sistema de custeio ABC (*Activity-Based Costing*), com os objetivos de identificar o impacto de cada atividade do setor produtivo e também para realizar a precificação do produto com base em seu custo total. Os resultados foram comparados à literatura sobre o tema e uma análise de sensibilidade gerou conclusões interessantes para a unidade analisada.

Palavras-chave: Gestão de estoques. Custo baseado em atividades. Radiofármacos.

ABSTRACT

This work was developed to analyze and improve the operations management in a radiopharmaceuticals production facility, focusing in he production of fludeoxyglucose (¹⁸F-FDG). The scope of this work was the creation of an automatic inventory control system and to analyze production costs.

The inventory control system uses methods as reorder point and economic order quantity to standardise inventory operation, through an user-friendly interface and high reliability. The cost analysis uses the ABC (Activity-based costing) costing method to identify the impact of each activity in the production and also pricing the product through its total cost. The results were compared with the literature on the subject and a sensitivity analysis generated interesting conclusion to the analyzed facility,

Keywords: Inventory Management. Activity-based costing. Radiopharmaceuticals.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo produtivo do 18F-FDG	17
Figura 2 – Custeio por Absorção.....	29
Figura 3 – Custeio Baseado em Atividades (ABC).....	30
Figura 4 - Estrutura do sistema de controle de estoque.....	46
Figura 5 - Telas de interface do sistema de controle de estoque	47
Figura 6 - Planilha de controle de estoque	48
Figura 7 - Telas de visualização do sistema	48
Figura 8 - Esquema do ABC para produção do 18F-FDG	51
Figura 9 - Comparação de gastos entre Cinrad e a literatura	80
Figura 10 - Proporção entre custos fixos e variáveis no Cinrad.....	82
Figura 11 - Análise de sensibilidade em relação ao número de produções e aproveitamento	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo de manutenção do estoque	45
Tabela 2 - Direcionadores de custos	50
Tabela 3 - Atividades por área	54
Tabela 4 - Materiais para produção	59
Tabela 5 - Materiais para controle de qualidade	60
Tabela 6 - Materiais para análise de matéria-prima	61
Tabela 7 - Custo de espaço físico (anual)	62
Tabela 8 - Custos de equipamentos	62
Tabela 9 - Custos com mão-de-obra	63
Tabela 10 - Custos com utilidades.....	64
Tabela 11 - Despesas gerais	64
Tabela 12 - Estimativas de produção	65
Tabela 13 - Divisão de áreas do Cinrad	66
Tabela 14 - Separação dos materiais para produção	68
Tabela 15 - Custo de materiais por atividade	69
Quadro 16 - Atividades por local.....	70
Tabela 17 - Custo de espaço físico por atividade	71
Tabela 18 - Dias de treinamento por atividade.....	72
Tabela 19 - Proporção de custos de equipamentos.....	73
Tabela 20 - Custo de substituição de equipamentos por atividade.....	73
Tabela 21 - Custo com equipamentos pelas atividades relevantes	74
Tabela 22 - Custo de equipamentos por atividade	75
Tabela 23 - Divisão de tempo por atividade por funcionário.....	76
Tabela 24 - Custo de mão-de-obra por atividade	77
Tabela 25 - Custo de energia e água por atividade.....	77
Tabela 26 - Custos com gás por atividade.....	78
Tabela 27 - Alocação dos custos por atividade	78
Tabela 28 - Despesas por dose.....	79
Tabela 29 - Gasto total por dose no Cinrad	80
Tabela 30 - Variação do custo da dose pelo aproveitamento e produções diárias	82

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Projeto Cíclotron	14
1.2	Visão geral do mercado.....	15
1.3	Produto	16
1.4	Processo Produtivo.....	17
1.4.1.	<i>Espaço Físico</i>	18
1.4.2.	<i>Insumos de produção</i>	19
1.4.3.	<i>Normas de saúde e segurança.....</i>	20
1.5	Análise da organização.....	21
1.5.1.	<i>Análise dos custos de produção</i>	21
1.5.2.	<i>Controle de estoque.....</i>	22
1.5.3.	<i>Análise do fluxo de produção.....</i>	22
1.6	Definição do problema	23
1.7	Estrutura do trabalho	24
1.7.1.	<i>Pesquisa bibliográfica.....</i>	24
1.7.2.	<i>Coleta de dados.....</i>	24
1.7.3.	<i>Proposta de solução.....</i>	25
1.7.4.	<i>Análise de resultados</i>	25
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	26
2.1	Métodos de custeio.....	26
2.1.1.	<i>Definições.....</i>	26
2.1.2.	<i>Objetivos de um sistema de custos</i>	27
2.1.3.	<i>Métodos de custeio.....</i>	28
2.2	Controle de Estoque	32
2.2.1.	<i>Objetivos.....</i>	32
2.2.2.	<i>Classificações.....</i>	33
2.2.3.	<i>Modelo do lote econômico</i>	34
2.3	Aplicação do método ao Cinrad	36
3.	APLICAÇÃO	38
3.1	Sistema de Controle de Estoque	38
3.2	Análise de atividades e custos	38

4.	IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES	40
4.1	Sistema de Controle de Estoque.....	40
4.1.1.	<i>Definição do tipo de controle de estoque.....</i>	40
4.1.2.	<i>Definição das necessidades dos usuários do sistema.....</i>	41
4.1.3.	<i>Recolhimento de dados.....</i>	42
4.1.4.	<i>Montagem do sistema em Excel/VBA.....</i>	42
4.1.5.	<i>Implementação</i>	49
4.2	Análise de atividades e custos	49
4.2.1.	<i>ABC em unidades Cíclotron/PET.....</i>	49
4.2.2.	<i>Descrição das atividades</i>	53
4.2.3.	<i>Identificação dos custos</i>	58
4.2.4.	<i>Identificação de dados da organização.....</i>	65
4.2.5.	<i>Direcionadores de custos e alocação às atividades.....</i>	67
4.2.6.	<i>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</i>	78
4.2.7.	<i>Precificação do produto.....</i>	81
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

1. INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Formatura foi realizado no Cíclotron do Instituto de Radiologia (Cinrad), localizado dentro do Hospital das Clínicas, gerido pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP). A oportunidade de realizar o trabalho no Cinrad surgiu da procura que a própria unidade fez ao departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, pois os responsáveis pela unidade detectaram diversas oportunidades de melhorias que poderiam ser analisadas por acadêmicos da área de engenharia de produção. Através do contato com o Professor Doutor Davi Noboru Nakano, fui convidado a participar deste projeto que apresenta amplas perspectivas para aplicar o conhecimento e técnicas adquiridas ao longo do curso de graduação em um ambiente de produção diferenciado.

O Projeto Cíclotron, por se tratar de área de especialização médica, foi formado tendo como base estudos e experiência pessoal de diversos profissionais da medicina. Entretanto, o seu ambiente tem características de produção passível de ser analisado pelo ponto de vista da Engenharia de Produção, e a análise mais detalhada realizada durante o projeto demonstrou diversas oportunidades para a realização do Trabalho de Formatura.

1.1 Projeto Cíclotron

O Projeto Cíclotron da FMUSP foi lançado recentemente (fevereiro de 2009) para suprir uma demanda crescente de material para exames de contraste pelos hospitais de São Paulo, e também para aprimorar a pesquisa científica desta área ainda pouco explorada no Brasil. Ele foi financiado pela Fundação Faculdade de Medicina (FFM) e pelo hospital Sírio-Libanês. A FFM assumiu os custos de infra-estrutura, mão-de-obra e aquisição de matéria-prima, enquanto o Hospital Sírio-Libanês foi responsável pelo investimento realizado na aquisição de parte dos equipamentos da unidade. Em contrapartida o Sírio-Libanês terá garantia de fornecimento do produto do Cíclotron para a realização dos exames em suas dependências. O interesse destas duas instituições é decorrente do aumento da demanda por radiofármacos utilizados em exames de contraste.

O custo de instalação de um centro de produção de radiofármacos envolve um alto investimento inicial em equipamentos (cíclotron, sintetizadores, fracionadores), treinamento de pessoal e adequação às normas de saúde e segurança. Por esta razão, estes centros costumavam estar ligados a uma instituição acadêmica de pesquisa e ensino sem fins lucrativos. (KRUG et al., 2007). Porém, com o aumento da demanda por estes produtos, começaram então a surgir centros corporativos que buscam o lucro.

De acordo com dados fornecidos pela organização, atualmente existe uma fila de, aproximadamente, 4000 pessoas para realizar o exame de tomografia, cuja principal matéria-prima é fornecida pelo Cíclotron, sendo que este tipo de exame ainda não é coberto pelo Sistema Único de Saúde (SUS). O objetivo do Cinrad é produzir quantidade suficiente para abastecer esta demanda reprimida dos hospitais de São Paulo, vendendo o produto a preço de custo e de forma plenamente auto-sustentável.

O processo produtivo ficou em fase de preparação para a produção e adequação às normas necessárias até Setembro de 2010, quando começou a vender o seu produto para hospitais de São Paulo. A organização realiza atualmente uma produção por dia, mas planeja acrescentar mais uma produção para suprir a demanda. Atualmente, o Cinrad mantém um quadro com 15 funcionários entre a produção e a administração da organização.

1.2 Visão geral do mercado

A difusão do uso da tomografia como método alternativo a cirurgias invasivas para o diagnóstico de diversas doenças como cânceres, doenças neurológicas e cardivascularres aumentou sensivelmente a demanda pelos radiofármacos necessários para a realização dos exames.

O desenvolvimento deste tipo de tecnologia para o diagnóstico de doenças proporciona ao paciente menor desgaste físico e emocional, pois, no passado, era necessária a utilização de procedimentos cirúrgicos invasivos para o mesmo diagnóstico. A facilidade de acesso dos pacientes aos serviços de diagnóstico, tanto nos hospitais públicos quanto nos privados, eleva ainda mais a procura por este serviço.

A demanda brasileira é atendida principalmente pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), de acordo com dados de 2006 (Revista Brasil Nuclear, ano13, n° 32). Este centro ligado à Universidade de São Paulo (USP) era responsável por 95% da distribuição dos

radiofármacos utilizados no país, movimentando mais de 25 milhões de dólares no ano de 2006. O Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), sediado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), supria também parte desta demanda. Outros centros surgiram desde então para atender esta procura pelos produtos, como o Cinrad estudado neste trabalho, um em Belo Horizonte (Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear), em Recife (Centro Regional de Ciências Nucleares, além de dois outros de empresas privadas em Brasília e Porto Alegre. (Revista Brasil Nuclear, ano 14, nº 33). O transporte por longas distâncias do radiofármaco, por se tratar de um material radioativo, é extremamente custoso e pouco produtivo.

1.3 Produto

Os radiofármacos “são compostos, sem ação farmacológica, que têm na sua composição um radionuclídeo, e são utilizados em Medicina Nuclear para diagnóstico e terapia de várias doenças” (European Pharmacopeia, 2005 apud OLIVEIRA et al., 2006)

O Cinrad tem apenas um produto final, o fluorodesoxiglucose (^{18}F -FDG), radiofármaco composto de Flúor e Glicose. Este é um líquido formado por Flúor 18 (^{18}F), ligado a células de glicose. Quando esta substância é injetada no paciente, a glicose tende a ser atraída por tumores, ligando-se a eles. Já o ^{18}F é um material radioativo que emite pósitrons que podem ser identificados através de uma Tomografia por Emissão de Pósitrons (conhecida como PET). Desta maneira, pode-se identificar com bastante precisão a posição de um tumor e ainda se é maligno ou benigno.

O desenvolvimento deste tipo de tecnologia para o diagnóstico de doenças proporciona ao paciente menor desgaste físico e emocional, pois, no passado, era necessária a utilização de procedimentos cirúrgicos invasivos para o mesmo diagnóstico.

A produção do ^{18}F -FDG envolve, simplificadamente, duas etapas. A primeira consiste no bombardeamento de cápsulas contendo água enriquecida (18°), transformando em ^{18}F . A segunda etapa é a síntese, que combina o flúor com a glicose para formar o produto final, ^{18}F -FDG.

Uma das principais características do ^{18}F -FDG é que, por ser um material radioativo, apresenta uma meia-vida curta, de aproximadamente 109,8 minutos (menos de 2 horas). Desta maneira, uma maior proximidade do centro de produção e dos hospitais é essencial para aumentar a eficiência do produto e diminuir as perdas em transporte. Devido a essa

característica, a localização do Cíclotron no Hospital das Clínicas é bastante vantajosa, tendo em sua volta grandes hospitais de São Paulo (Sírio-Libanês, Oswaldo Cruz, Beneficência Portuguesa, entre outros).

1.4 Processo Produtivo

O processo de produção do ^{18}F -FDG apresenta um fluxo simples, devido a poucas etapas de produção e tendo apenas um único produto final. Entretanto, estas etapas são extremamente complexas e requerem equipamentos específicos para a produção deste composto, utilizando tecnologia avançada e pouco difundida. Desta forma, torna-se necessário o treinamento da mão-de-obra que trabalha diretamente na produção para a operação correta dos equipamentos (KEPPLER; CONTI; 2001).

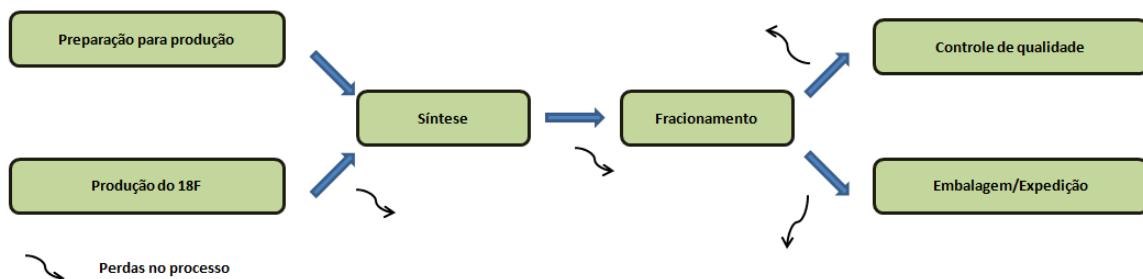


Figura 1 – Processo produtivo do ^{18}F -FDG
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

As perdas no processo são substanciais em relação ao produto final. A melhor medida para indicar a produtividade durante a fabricação é a atividade. Atividade é a medida de radioatividade, indicando o número de desintegrações por segundo. O tempo de meia-vida é a quantidade de tempo necessária para que a atividade inicial do material radioativo seja reduzida pela metade, independente das características deste material e também das condições físico-químicas do ambiente (OLIVEIRA, Rita et al., 2006). A unidade de medida utilizada para a atividade no Cinrad e ao longo deste trabalho será o mCi¹. O objetivo da produção na no Cinrad é entregar 10mCi para cada dose ao fim de um ciclo produtivo.

¹ 1 mCi = $3,7 \times 10^{-7}$ desintegrações/segundo

O Cíclotron é um acelerador de partículas que acelera íons através de um campo magnético criado entre duas placas semicirculares ocaas. Estes íons são direcionados para dois alvos (frascos contendo água ^{18}O , pois o oxigênio tem 18 elétrons). O bombardeamento dos alvos faz o ^{18}O transforma-se em ^{18}F

As etapas da produção são as seguintes:

- Preparação para produção (sala de controle, laboratório de controle de qualidade e expedição).
- Produção de ^{18}F (ocorre em paralelo à preparação).
- Síntese (junta o ^{18}O com a glicose, formando o $^{18}\text{F-FDG}$).
- Fracionamento (separa o $^{18}\text{F-FDG}$ nas doses predeterminadas).
- Controle de qualidade do $^{18}\text{F-FDG}$.
- Embalagem e expedição (simultâneo ao controle de qualidade).

1.4.1. Espaço Físico

O edifício no qual o Cinrad está inserido situa-se dentro do complexo do Hospital das Clínicas. São quatro andares ocupados por diversas áreas do Instituto de Radiologia (Inrad). O Cinrad ocupa o andar térreo deste edifício.

Internamente, ele é dividido em duas áreas. A primeira é formada por salas voltadas para administração e suporte aos funcionários e opera seguindo os padrões básicos de higiene e segurança, como o uso de aventais, pro-pés e toucas para cabelo. Esta área é formada por:

- Recepção;
- Sala da administração;
- Almoxarifado;
- Expedição;
- Vestiários.

O acesso à segunda opera com padrões rígidos de higiene e segurança, tem acesso restrito e exige o uso de um aparelho que mede a radiação corporal de cada pessoa. Esta área é formada por:

- Sala do Cíclotron, protegida por uma porta e paredes com mais de 2 metros de espessura;

- Sala de controle do Cíclotron;
- Sala com aparelhos que auxiliam no funcionamento dos demais equipamentos, como gerador de vácuo, refrigeração e exaustor;
- Sala onde é realizada a síntese e o fracionamento. Esta sala permanece fechada, sendo que o acesso somente é permitido com a utilização de roupa de proteção especial, de modo a evitar a contaminação do produto;
- Salas de controle da qualidade (medição e análises de amostras).
- Sala de pesquisa.
- Área mecânica.

O acesso entre a maioria das salas é controlado através de um leitor de impressões digitais, de acordo com normas de segurança. A passagem de produtos entre salas sem controle de contaminação é feita por passagens especiais, com controle de pressão para evitar a contaminação do radiofármaco.

1.4.2. Insumos de produção

Todo o ciclo produtivo do Cíclotron utiliza, aproximadamente, 100 materiais, desde equipamentos básicos de higiene e segurança até aqueles que são produzidos especificamente para o processo de produção do ^{18}F -FDG. Alguns exemplos:

- Seringas;
- Luvas;
- Toucas para cabelo;
- Água 18;
- Cassetes para sintetizador.

Por ser parte de uma instituição pública, toda compra de materiais envolve um processo burocrático, com diversas regras para a aquisição de novos suprimentos. Por exemplo, qualquer aquisição com valor menor do que R\$ 8.000,00 não requer a aprovação da FMM, apenas da assinatura dos membros que coordenam o Cinrad (um procedimento que dura em média três dias). Por outro lado, todas as importações devem ser enviadas para a FMM para serem aprovadas (existindo o risco de ser requisitada uma nova cotação). Este processo de

importação demora até seis meses, ocasionando dificuldades no controle de estoques. Estes aspectos serão analisados de forma mais detalhada ao decorrer do trabalho.

1.4.3. Normas de saúde e segurança

O produto final da organização analisada, o ¹⁸F-FDG, é usualmente aplicado ao paciente por via intravenosa (OLIVEIRA, CARNEIRO-LEÃO, 2007). Deste modo, tanto o produto quanto todo o processo de fabricação estão sujeitos a rigorosas normas de saúde. Além disso, os radiofármacos, por serem produtos com alto nível de radioatividade, passam por regulações adicionais específicas.

As principais normas para a fabricação do ¹⁸F-FDG, reguladas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) são:

- RDC²-17, de 16 de Abril de 2010: boas práticas de fabricação de medicamentos
- RDC-63, de 18 de Dezembro de 2009: boas práticas de fabricação de radiofármacos e de Medicamentos
- RDC-64, de 18 de Dezembro de 2009: registro de radiofármacos

Em relação aos testes que devem se realizados para garantir a qualidade do produto final, a organização usa a Farmacopéia Americana, pois a brasileira ainda não apresenta abrangência suficiente para a produção do ¹⁸F-FDG.

A operação do Cinrad também deve seguir as normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que regula locais que produzem e manipulam produtos radioativos. Entre as normas que a unidade deve seguir, pode-se citar a 3.01 (diretrizes básicas de proteção radiológica), a norma 3.02 (serviços de radioproteção), a norma 6.02 (licenciamento de instalações radioativas), entre diversas outras.

² RDC – Resolução de Diretoria Colegiada

1.5 Análise da organização

A análise inicial do Cinrad foi realizada através de visitas monitoradas e entrevistas com funcionários. O principal contato na organização foi com a responsável pela implementação do Cíclotron e supervisora da produção da unidade. Durante as visitas foi dado acesso total ao estudante para conhecer o ambiente de produção e ter suas dúvidas respondidas.

O Cinrad é formado por profissionais experientes na área de trato com radiofármacos e que tiveram treinamento específico durante a implementação do Projeto Cíclotron. A maioria dos funcionários tem formação universitária ou técnica em farmácia e física.

Embora esta capacitação dos funcionários seja extremamente importante para a produção, não foi dado um enfoque na análise do sistema sob o ponto de vista da engenharia de produção. Devido a esta falta de orientação podem-se notar diversas lacunas que mereceram atenção durante este projeto. Destas, três se destacaram pelo grau de utilidade para a organização e pela sua adequação com o Trabalho de Formatura.

- Análise de custos.
- Controle de estoque.
- Análise da produção

1.5.1. Análise dos custos de produção

O Cinrad tem o objetivo de se tornar auto-sustentável após o começo da produção para pacientes, sem haver necessidade de maior financiamento pela Universidade ou fundações. Aliando este ideal à característica de ser uma organização sem fins lucrativos, o produto final será vendido aos clientes (hospitais e clínicas) pelo preço de custo. Devido a essa proposta, torna-se imperativo uma análise dos custos e despesas da Unidade. Atualmente esta tarefa está delegada a um gerente que faz o acompanhamento dos custos do cíclotron.

1.5.2. Controle de estoque

Esta foi uma necessidade apontada pela própria organização. Atualmente o estoque é controlado por um sistema de planilhas, com um registro (tanto eletrônico quanto escrito, como definido em norma de segurança) de entrada e saídas de materiais. Entretanto, não existe nenhum cálculo ou método para a definição do ponto de pedido para reposição de estoque. Este trabalho é feito de acordo com a opinião pessoal de membros da produção de acordo com a sua experiência. A supervisora da Unidade demonstrou preocupação com a possibilidade que o estoque esteja superestimado e que gastos com este excesso encareçam o produto final.

Existem aproximadamente cem insumos relacionados diretamente com a produção, com características bastante diferenciadas. Entre elas destacam-se: tempo de encomenda, freqüência de uso, importância, modo de armazenamento, existência de produtos alternativos.

1.5.3. Análise do fluxo de produção

O fluxo de produção, como apresentado no item 1.5, mostra-se simples. Porém, um estudo mais focado nas atividades que compõem cada etapa pode fornecer uma visão diferente tornando o processo mais eficiente e menos suscetível a erros. Durante o período inicial de visitas, entre Janeiro e Abril de 2010, foram anunciadas diversas datas para o início da produção regular do radiofármaco, mas não se realizaram. A causa deste problema foi a dificuldade da Unidade em se adequar às normas da Anvisa e aos diversos testes necessários para ter o aval de funcionamento. Por exemplo, foram necessárias dezenas de produções testes para alcançar um dos critérios necessários, realizar três produções sem a ocorrência de nenhum erro.

1.6 Definição do problema

A definição do projeto utilizou-se de dois critérios de escolha: relevância do tema às teorias e métodos da engenharia de produção e utilidade das soluções propostas para a organização. O sistema de controle de estoques interessa muito ao Cinrad, pois é uma necessidade observada diariamente pelos funcionários. Um método exato de definição poupará tempo perdido pelos funcionários na discussão sobre a quantidade e freqüência de compras, além de apresentar potencialmente uma redução de custos.

A análise dos custos trará benefícios para a empresa no longo prazo. A proposta atual é calcular todos os gastos da Unidade no mês e ratear entre os clientes pela quantidade de doses adquiridas por cada um no período. Entretanto, não foi demonstrado claramente como este sistema funcionará. Por esta razão, a análise dos custos de produção permitirá uma visão mais realista do preço do produto final.

Com o objetivo de precisar o produto do Cinrad, será utilizado o método de rateio dos custos da organização para o cálculo do custo do produto final devido à relativa simplicidade no fluxo do processo produtivo e ao fato da organização ter apenas um produto. Para a análise do fluxo de produção, foram considerados dois métodos de custeio (por absorção e baseado em atividade). O Custeio Baseado em Atividades (ABC) foi escolhido por permitir uma visão mais exata do impacto de cada custo nas atividades. Deste modo, poder-se-á identificar onde focar os esforços para garantir uma produção mais eficiente e ter uma visão mais completa do sistema de produção.

O estudo deste método de custeio para um sistema de produção com características bastante peculiares também será bastante interessante do ponto de vista de engenharia de produção. Apesar de já ser utilizado fora do Brasil, este tipo de estudo é inédito no país e fornecerá uma visão nova sobre a aplicação de métodos da engenharia de produção na área de medicina nuclear.

O objetivo deste trabalho será estudar o ambiente produtivo do Cinrad, propor e implementar um sistema de gestão da produção, focando nos seguintes aspectos:

- Descrição do processo produtivo, utilizando o método ABC como auxílio gerencial para identificar quais atividades devem receber maior esforço de melhoria;
- Construção de um sistema de controle de estoque;
- Análise dos custos de produção e despesas administrativas, com objetivo de precisar o produto final;

Todo o trabalho desenvolvido será realizado pelo estudante, com auxílio do orientador. Como já citado anteriormente, o Cinrad não tem nenhum funcionário focado em analisar a produção e, portanto, sua contribuição será bastante importante para a organização, com previsão de aplicação imediata.

1.7 Estrutura do trabalho

O projeto será dividido em cinco fases.

1. Pesquisa bibliográfica.
2. Coleta de dados.
3. Proposta de solução.
4. Análise de resultados.

1.7.1. Pesquisa bibliográfica

Esta fase constitui-se de uma revisão da literatura sobre a teoria e aplicação de métodos de custeio e controle de estoque para aplicação no trabalho. Esta pesquisa foi realizada através da leitura de artigos e livros focados nestes assuntos, pesando os argumentos de cada autor e a melhor aplicação para o projeto.

1.7.2. Coleta de dados

O recolhimento de dados foi realizado através de diversos meios, com apoio constante da organização. Durante três meses foram realizadas visitas a cada duas semanas para a realização das seguintes atividades:

- Entrevistas com a supervisora de produção.
- Entrevistas com o responsável pelo almoxarifado.
- Entrevista com pelo menos uma pessoa de cada área da organização.

- Acompanhamento da produção.

Outros dados foram fornecidos pela organização, como:

- Estudo prévio de custos realizado para o Cinrad.
- Formulários, contas e dados prévios em formato digital.

Na fase final do projeto, a organização foi consultada de forma a validar os dados e conclusões alcançadas com o projeto, além de sugestões para aperfeiçoar o sistema de controle de estoque.

1.7.3. Proposta de solução

Após a análise dos dados, foi realizado o acompanhamento dos passos descritos nas metodologias estudadas na revisão bibliográfica.

1.7.4. Análise de resultados

Os resultados obtidos com a aplicação do método ABC serão comparados com dados de outras publicações sobre o tema, com foco na produção de radiofármacos, assim como a identificação de possibilidades de diminuição de custo dentro do processo produtivo da organização.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A administração da produção, segundo Slack et al. (1997), engloba as atividades e decisões do gerente de produção, que são responsáveis pelo que os autores definem como função produção, todos os recursos da empresa centrados na produção de bens e serviços. Através da literatura sobre o tema, a gestão de operações apresenta diversas funções, como gestão da produção, gestão da qualidade, gestão do estoque, marketing, logística, gestão financeira, entre outras (SLACK et al., 1997, CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006).

Este projeto irá focar dentro de três áreas na aplicação da gestão de operações para o Cinrad:

- Análise dos custos de produção.
- Análise do processo, com auxílio da técnica de custeio baseado em atividades;
- Controle de estoque;

Com estes objetivos, torna-se necessário analisar mais detalhadamente a teoria e aplicação dos diferentes métodos de custeio e de gestão de estoques.

2.1 Métodos de custeio

2.1.1. Definições

O primeiro passo para a discussão dos métodos de custeio é definir os conceitos que serão utilizados ao longo do trabalho. Para isto, serão utilizadas as definições de Martins (2003). Custo é definido como um gasto na produção através da aquisição de algum bem ou serviço, e que tem, como finalidade, a produção de um outro bem ou serviço, que é um dos produtos da organização. Desta forma, o custo engloba todos os gastos em atividades que contribuem para que a organização entregue o produto ou serviço para o seu cliente final.

Dentro dos custos, existem duas classificações: custos diretos e indiretos e custos fixos e variáveis. Os custos diretos são aqueles que podem ser apropriados aos produtos de forma objetiva, sem a necessidade de um método subjetivo de rateio, enquanto os indiretos são aqueles que não podem ser alocados objetivamente e que necessitam de uma medida arbitrária para serem repassados aos produtos;

Os custos fixos são aqueles que não sofrem alteração quando comparados entre períodos definidos de tempo (como mês a mês), independendo do volume de produção. Já os custos variáveis são aqueles que dependem do volume de produção dentro de um período.

Apesar da definição clara de cada classificação, a prática mostra que separar os custos em cada categoria pode trazer complicações. Um exemplo são custos diretos por natureza, mas que podem ser classificados como indiretos devido à dificuldade ou inviabilidade econômica para a sua medição, como energia elétrica (MARTINS, 2003).

2.1.2. Objetivos de um sistema de custos

De acordo com Kaplan (1988), um sistema de custos visa atender três objetivos:

- Avaliação de estoques com o objetivo de auxiliar a elaboração de relatórios contábeis e financeiros, separando os custos entre produtos vendidos e produtos em estoque;
- Controle operacional da produção, através de informações sobre o consumo de insumos de produção;
- Apuração dos custos dos produtos.

Martins (2003) também aponta estes três objetivos da contabilidade de custos, como uma evolução nos métodos e necessidades empresariais. Inicialmente, o seu uso era restrito à avaliação de estoques para o desenvolvimento de relatórios contábeis. Com o aumento da competitividade e necessidade de corte de custos, as informações fornecidas pela contabilidade de custos tornaram-se valiosos para controlar a produção e como ferramenta para a tomada de decisão pelos administradores da empresa.

Dentro do escopo deste trabalho, a análise dos custos de produção servirá dois dos três objetivos citados.

- Definição do preço do produto final.
- Auxílio ao gerenciamento da produção, como uma ferramenta importante para tomada de decisões.

2.1.3. Métodos de custeio

De acordo com Martins (2003), um método de custeio tem o objetivo de apropriar os custos de uma organização em seus produtos. Estes métodos buscam, através de diferentes técnicas e perspectivas, alocar os gastos incorridos durante a produção entre os seus diversos elementos (máquinas, atividades, produtos, entre outros). Dentre estes métodos, o Custo por Absorção e Custo baseado em atividades (ABC – *Activity-based costing*) serão analisados para mostrar as suas diferenças e aplicações à situação proposta.

Custo por Absorção

O Custo por Absorção tem como base de aplicação os Princípios de Contabilidade Geralmente Aceitos (MARTINS, 2003). Ele consiste em distribuir todos os custos incorridos na produção entre os produtos da organização, separando as despesas deste cálculo.

O método aqui apresentado está baseado no descrito por Martins (2003), acrescido do conceito de departamentalização, explicado mais adiante. O método é dividido em três passos.

1. Separação entre custos e despesas;
2. Apropriação dos custos diretos (mão-de-obra, materiais, entre outros);
3. Apropriação dos custos indiretos, através de algum critério considerado adequado (tempo de produção, espaço utilizado, homem-hora por produto)

Dentro da 3^a etapa pode ser introduzida a prática da departamentalização. O departamento é uma subdivisão da organização em sua unidade mínima administrativa, que tenha necessariamente um responsável por esta subdivisão, e que realize, de modo geral, atividades homogêneas. Isto é importante para facilitar a coleta de dados sobre o departamento para garantir maior precisão ao custo (MARTINS, 2003). Os departamentos podem ser divididos entre Departamentos de Produção, que atuam diretamente sobre o produto, e Departamentos de Serviços, que fornecem serviços auxiliares aos departamentos de produção (por exemplo, manutenção e controle da qualidade). Desta forma, os custos indiretos são alocáveis diretamente aos departamentos, quando possível, e os outros custos indiretos (custos comuns) são rateados entre eles. Os custos dos Departamentos de Serviços devem ser rateados aos Departamentos de Produção. Finalmente, os custos dos departamentos de produção são rateados aos produtos, somando-se aos custos diretos para formar o custo total do produto.

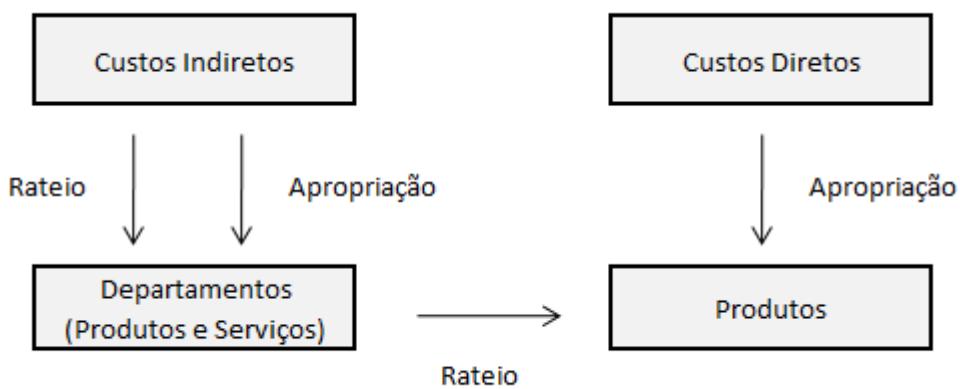


Figura 2 – Custo por Absorção
Fonte: Adaptado de Martins (2003)

Apesar de este método apresentar um modo eficiente de calcular o custo do produto, a arbitrariedade na escolha dos critérios de rateio pode levar a grandes distorções, invalidando todo o esforço realizado na construção do modelo de custos.

Custo Baseado em Atividades (ABC)

O ABC traz como diferencial uma análise mais detalhada do fluxo de produção para minimizar as arbitrariedades do Custo por Absorção através de critérios mais racionais e lógicos na alocação de custos entre os produtos. De acordo com Khoury e Ancelevicz (2000), este método tem dois objetivos:

- Obter valores mais confiáveis para o custo dos produtos.
- Separar os custos entre as atividades que foram necessárias para a produção do bem ou serviço final.

O ABC utiliza como base para alocar os custos as atividades realizadas durante a produção. A “atividade é uma ação que utiliza recursos humanos, materiais, tecnológicos e financeiros para se produzirem bens ou serviços. É composta por um conjunto de tarefas necessárias ao seu desempenho. As atividades são necessárias para a concretização de um processo, que é uma cadeia de atividades correlatas” (MARTINS, 2003, p. 93). Essas atividades são identificadas dentro de cada departamento.

Outro elemento crucial do ABC é o direcionador de custo, que estabelece a relação de causa e efeito entre a atividade e o custo. Uma atividade causa a necessidade de um custo, e o direcionador determina como e em que quantidade ocorre esta relação (KRUG et al., 2008). Martins (2003) diferencia dois tipos de direcionadores de custos. O primeiro é denominado

direcionadores de custos de recursos, que faz a relação entre os recursos utilizados pela organização e as atividades desenvolvidas. Semelhante ao conceito de Krug et al. (2008), este direcionador é construído através da análise do consumo de recursos pelas atividades.

O segundo direcionador de Martins (2003) é o direcionador de custos de atividades, que faz a ligação entre como os produtos consomem as atividades definidas. O conjunto de direcionadores de custos de atividades é o que definirá o custo final de cada produto.

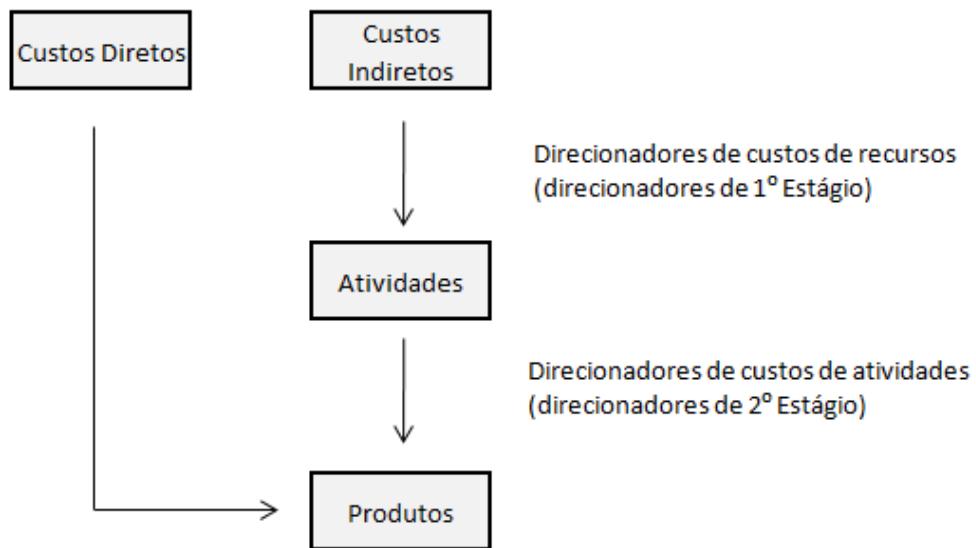


Figura 3 – Custo Baseado em Atividades (ABC)

Fonte: Adaptado de Martins (2003)

Martins (2003) também faz uma interessante discussão entre a aparente sutil diferença entre o ABC e o Custo por Absorção. Entre as críticas ao ABC está o fato de que este método não elimina a necessidade de realizar um rateio entre os custos, seja para as atividades, seja para os produtos. Aqui o autor procura delinear a diferença entre o conceito de rateio e rastreamento.

Rateio é a divisão dos custos de forma mais arbitrária, sem considerar necessariamente a relação causal entre recursos, atividades e produtos. Desta forma seria possível dividir o custo da energia elétrica baseada na proporção de horas-máquina utilizadas por cada produto, o que não considera por quais máquinas cada produto passa, assim como as variações na demanda de energia elétrica em cada uma.

Rastreamento é a divisão dos custos apoiada pela análise do impacto de cada atividade no consumo de um tipo de recurso (no caso de direcionadores de recursos) e como cada produto causa uma determinada atividade (direcionadores de atividades).

Dentro do âmbito deste trabalho, o uso de direcionadores de atividades não apresentará uma aplicação útil

Análise dos métodos

A diferença entre os métodos apresentados, Custo por Absorção e Custo Baseado em Atividades, pode ser traduzida na quantidade de recursos e esforços que a organização quer aplicar no projeto de um sistema de custo e quais são os objetivos deste sistema. Também será necessário analisar se os benefícios decorrentes de um esforço maior serão suficientes para cobrir os custos da operação.

Estes benefícios ocorrem devido à análise mais detalhada sobre a cadeia produtiva na elaboração de um sistema ABC. Com este estudo, os custos diretos serão rastreados de forma mais exata para os produtos finais. A precisão dos resultados do ABC será definida pela quantidade de direcionadores selecionados e pela qualidade dos dados coletados.

Segundo Datar e Gupta (1994), os erros durante a aplicação de um sistema de custo são divididos em três categorias:

- Erro de agregação: ocorre quando custos e recursos são agrupados entre atividades heterogêneas e são divididos entre os produtos com apenas uma regra de rateio. Como exemplo, o custo de preparação das máquinas pode ser agregado para dividir entre os produtos com uma regra de rateio baseado no tempo de preparação para cada produto, sem considerar que os custos de preparação para variados tipos de produtos sejam diferentes;
- Erro de especificação: ocorre quando o método utilizado para identificar os custos para os produtos não refletem a demanda que os produtos geram nos recursos. Quando um critério de rateio utiliza uma medida de volume para alocar um recurso para o produto que não varie na proporção linear com a quantidade produzida, ocorrerá o erro de especificação;
- Erro de medição: ocorre quando existe uma falha na coleta de dados e as variáveis a serem avaliadas não têm um sistema de medição e técnicas bem definidas.

Segundo nesta linha, Data e Gupta (1994) sugerem que o ABC é um método que trata os dois primeiros tipos de erros, através da análise causal entre recursos, atividades e produtos. Entretanto, este método pode ocasionar o surgimento do terceiro tipo de erro, o erro de medição. A necessidade de dados acurados do ABC torna o método extremamente sensível à qualidade da coleta de dados e dos sistemas de medição.

O mesmo tipo de análise foi realizada por Latshaw e Cortese-Danile (2002), que definiram dois pressupostos básicos para a aplicação do ABC. Primeiro, os direcionadores de custos para um determinado tipo de custo devem ser homogêneos em relação às atividades, ou seja, o direcionador de custo tem que apresentar uma relação exata de como a atividade consome aquele tipo de recurso. Segundo, um conjunto de custos agregados deve ser proporcional à atividade a qual ele se relaciona. Um erro comum neste ponto é agregar custos fixos e variáveis em uma categoria de custos para alocá-los às atividades. Os dois artigos expostos realçam a necessidade de realizar uma análise exata da organização durante o projeto do sistema.

A literatura apresenta grande quantidade de autores defendendo ou repudiando a aplicação do ABC em organizações em geral (KHOURY, ANCELEVICZ, 2000). Por um lado, existe o argumento de que a implantação do ABC é demasiado custosa para as organizações (JOHNSON, 1992), e que as empresas deveriam focar o seu tempo e recursos em melhorias operacionais, que trariam naturalmente uma melhoria nos custos (KHOURY, ANCELEVICZ, 2000).

Por outro lado, a defesa ao ABC realizada por Kaplan (1992) argumenta que o ABC é uma ferramenta que deverá ser utilizada pelos gestores da organização para auxiliar a tomada de decisão e que apesar de seus defeitos, fornece uma melhor visão do funcionamento da empresa.

2.2 Controle de Estoque

2.2.1. Objetivos

Um sistema de controle de estoque tem a função de administrar o nível de estoque de matéria-prima, componentes, itens em processamento e produtos acabados, determinar o momento e quantidade de reabastecimento de cada item. (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006) Deste modo, ele deve agregar informações de todo o processo produtivo (quantidade, custos, consumo, tempo de entrega, entre outros) para aumentar a probabilidade de acerto no momento de tomar as decisões necessárias.

Os objetivos da existência do estoque, conforme Chase; Jacobs e Aquilano (2006) são apresentados a seguir:

- Permitir a independência entre operações, servindo como um “colchão” para tarefas mais demoradas.
- Possibilitar a variação na demanda por produtos.
- Permitir a flexibilização da programação da produção.
- Garantir a quantidade de matéria-prima necessária para a produção, independente da variação do tempo de entrega.
- Reduzir custos através de compras mais econômicas.

De forma mais sintetizada, Ballou (2006) define que o estoque tem a função de aumentar o nível de serviço da organização (através do maior controle do tempo de produção) e reduzir custos.

Ballou (2006) também faz outra classificação baseada na natureza do estoque dentro do processo produtivo.

- Estoques no canal: entre os elos da cadeia de suprimento.
- Estoques para especulação: a organização usa a variação de preço dos estoques para aumentar o seu capital.
- Estoque regular: visa suprir a demanda média do item.
- Estoque de segurança: absorver a variação da demanda e do tempo de entrega.
- Estoque obsoleto: produtos inutilizáveis devido ao longo tempo estocados.

2.2.2. Classificações

O processo de desenvolvimento de um sistema de estoque passa inicialmente pela escolha de que tipo de controle será realizado, sendo que cada organização se adequará melhor a uma categoria. De acordo com Chase; Jacobs e Aquilano (2006), pode ser realizada a seguinte categorização:

- Modelo de período único.
- Modelo com múltiplos períodos, dividido em
 - Modelo de quantidade de pedido fixa (ou modelo do lote econômico).
 - Modelo de período de pedido fixo (ou modelo de revisão periódica).

A principal diferenciação entre os dois modelos de múltiplos períodos está no modo de acionamento de uma nova ordem. Quando a reposição do estoque é acionada por um evento (o produto atingiu o ponto de pedido), está se utilizando o modelo do lote econômico. Quando as ordens são realizadas a cada intervalo de tempo pré-determinado, o modelo correto é o de revisão periódica.

2.2.3. Modelo do lote econômico

O objetivo de um modelo de reposição de estoque através de quantidade de pedido fixa é especificar o ponto de pedido para cada produto e a quantidade que deverá ser pedida. A posição em estoque é definida como o número de itens em estoque, mais a quantidade pedida (que ainda não foi entregue) menos as devoluções. (CHASE; JACOBS; AQUILANO, 2006). Os pressupostos iniciais deste modelo são os seguintes:

- Demanda constante.
- Custo de pedido constante e custo de manutenção de estoque proporcionalmente linear à quantidade em estoque.
- Tempo de entrega constante.
- Preço unitário constante.

Em um sistema real, torna-se difícil alcançar esses pressupostos, sendo essa uma das principais críticas ao modelo do lote econômico (SLACK et al, 1997). Entretanto, um tratamento estatístico através do uso dos desvios padrões das amostras, junto com o uso do estoque de segurança, permite que este modelo seja aplicado a realidade satisfatoriamente, de forma que renda bons resultados.

Lote econômico de pedido

O lote econômico de pedido é resultado da seguinte equação:

$$Q = \sqrt{\frac{2DC_p}{C_m}} \quad (1)$$

Onde,

D = Demanda anual do item

C_p = Custo para realizar o pedido.

C_m = Custo para manter o item em estoque.

Esta fórmula resulta da otimização para minimizar os custos de pedido e de manutenção para o item escolhido. É interessante notar que o custo de aquisição do item não influi na determinação do tamanho do lote. Desta maneira, um conhecimento maior sobre estes custos evitará acúmulo ou falta de estoques.

Ponto de pedido

O cálculo do ponto de pedido, considerando a demanda média e constante, será a demanda multiplicada pelo tempo de entrega do pedido médio.

$$P = \bar{d} * \bar{t} \quad (2)$$

Onde,

P = ponto de pedido

\bar{d} = demanda média diária do item no período

\bar{t} = tempo de entrega médio (*lead time*) em dias. O tempo de entrega é o tempo decorrente entre o momento em que o pedido foi feito e momento em que ele foi recebido.

Esta equação utiliza fortemente os pressupostos indicados anteriormente, considerando a demanda e o tempo de pedido constante. Em uma situação real, este cálculo simplificado provavelmente levará a organização a períodos de falta de estoque. No caso de uma unidade fabricante de radiofármacos, produtos que não são estocados, mas entregues aos clientes diretamente para uso, esta é uma situação crítica. Para garantir o funcionamento da produção sem interrupções, deve-se utilizar o conceito de estoque de segurança.

De acordo com Chase; Jacobs e Aquilano (2006), o estoque de segurança é a quantidade de estoque em excesso ao da demanda esperada. Contudo, pode-se acrescentar ainda que o estoque de segurança garanta não apenas uma demanda maior do que a esperada, mas também que consiga absorver os impactos da variação do tempo de entrega do produto.

O cálculo do ponto de pedido, segundo Ballou (2006), considerando tanto as incertezas da demanda quanto do tempo de entrega do pedido é representada pela seguinte equação:

$$P = \bar{d} * \bar{t} + z * s_d \quad (3)$$

Com,

z = número de desvios padrões para um nível de serviço desejado para o item.

s_d = desvio-padrão da amostra considerando incertezas de demanda e tempo. Este valor pode ser encontrado através da equação X.

$$s_d = \sqrt{\bar{t} * s_D^2 + \bar{d}^2 * s_t} \quad (4)$$

Onde,

S_D = desvio-padrão da amostra da demanda do item

S_t = desvio-padrão da amostra do tempo de entrega do item

Desta maneira torna-se possível calcular um ponto de pedido com um intervalo de segurança desejado que impedirá que o sistema tenha falta de algum produto essencial a produção.

2.3 Aplicação do método ao Cinrad

Métodos de custeio

A operação de uma unidade completa para realização dos exames de Tomografia por Emissão de Pósitron (PET – *Positron Emission Tomography*), com a produção do radiofármaco e aplicação do exame, é vista atualmente como extremamente custosa e complexa. (KRUG et al, 2008).

O risco financeiro da operação, devido a um aporte volumoso de capital no começo do projeto e custos destinados a satisfazer medidas regulatórias, afasta novos participantes no mercado. Além disso, a produção e manuseio de radioisótopos com curta meia-vida dificultam ainda mais a implementação deste tipo de unidade.

O aumento da demanda pelos exames PET aliado a um maior empreendimento da comunidade acadêmica e de participantes da indústria começou a desenvolver variados modelos de negócio para a viabilização econômica destes centros de produção médica. (KEPLER; CONTI, 2001).

Segundo Krug et al. (2008), à medida que os centros de produção de radiofármacos começaram a se desenvolver e aumentar sua capacidade e produtividade houve a necessidade de ampliar o mercado consumidor inicial, constituído normalmente por uma instituição de ensino e pesquisa, para atender uma demanda regional. Deste modo, hoje a maioria dos hospitais terceirizam a produção de radiofármacos e focam apenas na realização dos exames PET.

A diversificação da demanda aliada com a dificuldade de tratar com isótopos radioativos, devido à meia-vida e às exigências de saúde e segurança, originou a necessidade de realizar

estudos mais aprofundados sobre o processo produtivo. Dentro deste contexto, uma série de artigos foi elaborada envolvendo métodos de custeio para organizações que realizam a produção de radiofármacos e para os centros que aplicam os exames.

A análise da literatura sobre métodos de custeio oferece uma visão mais abrangente para escolher o método mais adequado para ser aplicado na produção do ¹⁸F-FDG. A simplicidade do fluxo de produção e o fato de haver apenas um produto final indicam que o método de Custeio por Absorção teria aplicação mais simples. Entretanto, com o objetivo de fornecer informações relevantes para a gerência sobre o fluxo de produção, e para identificar oportunidades de melhoria de um modo sistemático, o ABC demonstra melhor adequação ao problema proposto.

Para superar as dificuldades da aplicação do ABC, por ser um método intensivo na análise de informações, uma coleta de dados estruturada é essencial para que o sistema criado opere sem incorrer nos erros descritos nos itens anteriores. Devido ao objetivo do Cinrad de fornecer o ¹⁸F-FDG aos clientes, o Cíclotron tem apenas um produto final. Desta maneira, não há necessidade de realizar a alocação dos custos das atividades para os produtos, pois todos os custos são passados diretamente ao ¹⁸F-FDG. Por isto, a precificação do produto será feita através da alocação simples dos custos para o produto, com base no número de doses fabricadas a cada ciclo do processo produtivo.

Controle de estoque

Atualmente, o Cinrad repõe o seu estoque à medida que os funcionários percebem que há a necessidade de reabastecer os suprimentos. Deste modo, este projeto terá o objetivo de automatizar este processo, através de um modelo de lote econômico, diminuindo o excesso de estoque, evitando o surgimento de estoque obsoleto e, consequentemente, minimizando os custos relacionados ao estoque.

3. APLICAÇÃO

Com o objetivo de implementar com sucesso o sistema de controle de estoques, a análise de custos e de atividades da organização, foi necessário realizar um planejamento dos passos necessários para a conclusão do projeto.

3.1 Sistema de Controle de Estoque

O sistema para realizar o controle automático e contínuo do estoque dos produtos essenciais para a produção do ^{18}F -FDG foi realizado utilizando como base os modelos descritos por Chase; Jacobs e Aquilano (2006), Slack et al (1997) e Ballou (2006).

Identificação dos itens relevantes.

1. Definição do tipo de controle de estoque.
2. Definição das necessidades dos usuários do sistema.
3. Recolhimento de dados de demanda.
4. Recolhimento de dados de tempo de entrega.
5. Montagem do sistema em Excel/VBA
6. Avaliação da organização.
7. Ajustes no sistema.
8. Implementação.

3.2 Análise de atividades e custos

A análise da operação da empresa quanto aos custos e às atividades será realizada com base na metodologia de Custo Baseado em Atividades (ABC) para realizar a análise do impacto de cada atividade no custo total da operação. Para isso, foram utilizados como base para a metodologia, principalmente, os autores Martins (2003) e Kaplan (1988). Para a aplicação em uma unidade fabricante de radiofármacos, o artigo de Krug et al. (2008) foi essencial para um direcionamento do projeto. As etapas definidas são:

1. Análise do processo produtivo.
2. Definição das atividades.
3. Identificação dos custos.
4. Identificação de dados da organização.
5. Definição dos direcionadores de recursos.
6. Alocação dos recursos para as atividades.
7. Análise dos resultados.
8. Alocação dos custos ao produto por dose.

4. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE OPERAÇÕES

4.1 Sistema de Controle de Estoque

O método utilizado para manter o controle de estoque na organização era realizado através de algumas planilhas em computador (com o programa *Microsoft Office Excel 2007*), livros de controle de entrada e saída de produtos de estoque, que são exigidos pelas normas da Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e a intuição do funcionário de cada área para realizar novos pedidos. A função de cotação e compras é centralizada em uma pessoa dentro da organização.

Um dos principais problemas é o excesso de estoque, devido ao variado tempo de entrega de produtos. Como cada pedido envolve grande burocracia, usual em uma instituição pública, somado a extrema importância de diversos itens para viabilizar a produção, o estoque tem muitos produtos em excesso, ocupando espaço físico em um almoxarifado com área limitada.

4.1.1. Definição do tipo de controle de estoque

O controle de estoque é feito atualmente com pedidos espaçados por intervalos de tempo variáveis e quantidades de pedido também muito diferentes a cada nova ordem, devido à falta de um critério fixo para reposição de estoque. Os tipos de estoque possíveis, como apresentados no item 2.3.2, são os seguintes:

- Modelo de período único.
- Modelo com múltiplos períodos
 - Modelo de quantidade de pedido fixa (ou modelo do lote econômico).
 - Modelo de período de pedido fixo (ou modelo de revisão periódica).

O sistema analisado na organização tem reposição de estoque com múltiplos períodos. Como não há restrições em relação ao período em que determinado item deverá ser reposto, o modelo que melhor se adequa à organização é o de quantidade de pedido fixa.

4.1.2. Definição das necessidades dos usuários do sistema

A carência de um método definido para o controle de estoque foi apontada pela organização como uma das maiores necessidades da empresa. A abrangência do sistema que realizará o controle de estoque foi um assunto discutido entre o autor do projeto, a supervisora da produção e o responsável pelo controle de estoque.

Deste modo, foram definidas as funções principais que o sistema deveria ter:

- Exibir a quantidade atual de itens em estoque.
- Calcular o ponto de pedido para cada item.
- Sugerir uma quantidade para pedido.

A partir destas três funcionalidades básicas, foi idealizado como o sistema deveria operar e funcionalidades secundárias do sistema. O principal entrave para a criação do sistema foi a falta de dados suficientes para que o cálculo de quantidade e ponto de pedido fosse mais confiável.

A organização tem menos de dois anos de existência, dos quais apenas recentemente começou a fabricar o ¹⁸F-FDG para venda (a adequação do local para receber o aval da Anvisa e os diversos testes de produção ocupou grande parte do tempo desde a criação da organização). Desta maneira, muitos produtos não tiveram mais que duas compras até o momento, e a demanda de cada item ainda não é inteiramente conhecida pelos funcionários.

Esta limitação levou a necessidade de utilizar os dados que serão adicionados durante o uso do sistema, para que ele recalcule a demanda e o tempo de entrega médios a cada vez que houver uma nova entrada de produtos. Assim, com o passar do tempo e o uso mais intensivo do sistema permitirão preenchê-lo com os dados necessários para realizar os cálculos.

A confiabilidade do sistema também depende de sua capacidade de manter-se estável independente do usuário. A melhor solução para isso foi criar telas de interface ao usuário. Estas telas são independentes e somente através delas será possível o acesso e alteração da base de dados, além de possuir diversos filtros para evitar a inserção de dados incorretos no sistema de gestão do estoque.

Por fim, foram acrescentadas duas funcionalidades a mais ao programa, visando um auxílio maior do gerenciamento do estoque e da produção do radiofármaco: um controle dos pedidos que ainda não foram entregues e a visualização de gráficos de tempo de entrega e demanda médios.

Em resumo, as funções do sistema, excetuando as principais já citadas anteriormente são:

- Cadastro e retirada de produtos.
- Cadastro de movimentações no estoque.
- Controle de pedidos em trânsito e histórico de pedidos.
- Manuseio através de telas de interface ao usuário.
- Criação de gráficos gerenciais.
- Manter histórico de demanda e tempo de entrega dos produtos.

4.1.3. Recolhimento de dados

Os principais dados necessários para a construção do sistema são divididos em três grupos:

- Dados de itens.
- Dados de demanda.
- Dados de tempo de entrega.

Os dados de itens são os nomes de todos os itens que a organização decidiu controlar. Cada item tem um número de identificação (E.I) e uma unidade de medida (U.M). Além disso, foi repassada a situação atual do estoque. Todas estas informações foram retiradas das planilhas de controle de estoque utilizadas pela organização no momento.

Os dados de demanda e tempo de entrega foram adquiridos através de um levantamento realizado pela responsável pelo estoque, junto com a funcionária responsável pelas compras, que compilaram a demanda dos últimos meses e o tempo de entrega (*lead time*) dos últimos pedidos.

4.1.4. Montagem do sistema em Excel/VBA

A plataforma escolhida para a modelagem do sistema de controle de estoque foi o sistema de planilhas Excel 2007, da *Microsoft*, utilizando uma de suas principais ferramentas de programação, o VBA (*Visual Basic for Applications*). Esta escolha foi feita com base na maior flexibilidade e facilidade que um programa de planilhas oferece para futuras alterações

no sistema, devido ao seu uso bastante difundido. Além disso, o problema não apresenta um nível de complexidade suficiente para justificar algum sistema mais robusto baseado em alguma linguagem mais avançada, como *Java* ou *C#*.

Chaves do sistema

A base para o funcionamento do sistema são duas chaves que permitem identificar o produto e lote de compra no qual está inserido.

- E.I. (Especificação de Insumo): identifica o item de estoque. Cada tipo de produto tem um E.I. único, permitindo diferenciá-los entre os produtos. Por exemplo, um dos itens essenciais para a produção, água enriquecida, tem o E.I. 096.
- C.I. (Código Interno): identifica o lote de compra do produto, guardando informações cruciais do produto, como data de entrada, fabricante e validade. Desta maneira, um lote de água enriquecida com entrada em 16 de Julho de 2010 tem C.I. 181 e outro com entrada em 20 de Setembro de 2010 tem C.I. de 205, facilitando a distinção entre cada lote.

Estas duas denominações servirão de chave primária para as diversas funcionalidades do sistema.

Parâmetros de cálculo

A quantidade econômica de pedido e o ponto do pedido são os dois cálculos básicos do sistema. Estas duas informações utilizam intensivamente os dados de média e desvio-padrão da média da demanda e do *lead time* de entrega de cada item. Conforme explicado anteriormente, devido à baixa quantidade de dados históricos o sistema irá utilizar a constante entrada de informações para recalcular dinamicamente estas variáveis.

Com base nesta necessidade, foi necessário definir alguns parâmetros para o cálculo.

- *Lead time* de entrega: o cálculo da média e desvio-padrão foi realizado através de uma média móvel do *lead time* contando os últimos 50 pedidos.
- Demanda: o cálculo da média e desvio-padrão foi realizado através da média móvel dos últimos 24 meses.

Escolha de itens

A organização escolheu inicialmente 82 itens para serem controlados, baseado na importância deles para o correto funcionamento da organização. Itens com menor importância não foram incluídos no sistema, mas poderão ser adicionados futuramente caso a organização decida por isso.

A aplicação do sistema ABC para a priorização de itens do estoque foi considerada para este projeto. Entretanto, o seu uso foi descartado pois todos os itens são relevantes para um acompanhamento rigoroso do nível de estoque. Além disso, a falta de dados de demanda e de preço dos produtos tornaria a análise bastante prejudicada e potencialmente não traria resultados benéficos para a organização.

Uma alternativa ao sistema ABC foi adicionada ao sistema. Parte do cálculo do tempo de entrega é baseada na definição de uma margem de segurança pelo usuário (que se traduz no número de desvios-padrão z da equação). Com isso, o usuário do sistema pode definir três níveis de margem de segurança (Baixa, Média ou Alta), equivalentes aos níveis de 99%, 95% e 90% de margem de segurança.

Custos

O cálculo do lote econômico de pedido utiliza dois parâmetros de custos que necessitam ser estimados.

- Custo do pedido: representa os gastos da organização para realizar as diversas atividades para completar com sucesso a reposição de um item no estoque.
- Custo de manutenção do estoque: gastos incorridos ao manter um produto em estoque durante um determinado tempo.

A compra de itens requer uma série de atividades burocráticas, pois todas as compras devem passar por um processo dentro da Fundação Faculdade de Medicina (FFM). Estas atividades podem ser resumidas do seguinte modo:

- 1) Identificar a necessidade de nova compra.
- 2) Realizar cotação com, no mínimo, três fornecedores.
- 3) Escolher a cotação com menor valor.
- 4) Colher assinaturas necessárias dentro do Cinrad.
- 5) Enviar pedido para a FFM.
- 6) Receber produto e faturar a compra.

Para alcançar o custo de pedido, as estimativas de horas de cada funcionário que participa do processo foram multiplicadas pelo custo das respectivas horas. Este cálculo, realizado pela organização, gerou um custo de pedido de R\$ 200,00 por ordem. Este custo independe do preço do item e, de acordo com a organização, é aproximadamente igual para todos os itens. O custo de manutenção do estoque está condicionado a três variáveis: remuneração do funcionário responsável pelo almoxarifado, custo de energia elétrica (principalmente de ar-condicionado) e custo da área ocupada. Este valor será dividido entre cada item de acordo com uma ponderação pela quantidade de unidades de medida de cada item.

O cálculo pode ser resumido pela equação 5.

$$C_i = \frac{(R+E_{el}+A)}{n} * n_i \quad (5)$$

Onde,

C_i = Custo de manutenção de estoque do item i .

R = Custo com o responsável pelo almoxarifado. (obtido na seção 4.2.3)

E_{el} = Gasto com energia elétrica no almoxarifado. (obtido na seção 4.2.3)

A = Custo da área do almoxarifado, obtido multiplicando a área pelo custo do m^2 da região.

n = número total de unidades de medida de cada item.

n_i = número de unidades de medida do item i .

No momento de implementação do sistema, os dados necessários são apresentados na Tabela 1, resultando em um custo de manutenção de R\$ 17,42 por unidade de medida do item.

Tabela 1 - Custo de manutenção do estoque

Fonte: Elaborado pelo autor

Variável	Quantidade
R	R\$ 3.894,10
E_{el}	R\$ 2.976,45
A	R\$ 241.223,17
n	14.241,00

A quantidade fornecida pelo lote econômico será uma sugestão para os gestores da organização, que eles podem realizar ajustes de acordo com a sua experiência e da situação.

Estrutura do sistema

Tendo em vista as funções descritas no item 4.1.3, o programa foi estruturado de acordo com a Figura 4. O sistema é dividido em quatro partes.

- 1) Abertura do programa, para dirigir o usuário à página requisitada.
- 2) Telas de interface, nas quais o usuário insere informações para alterar a base de dados.
- 3) Visualização das informações.
- 4) Base de dados.

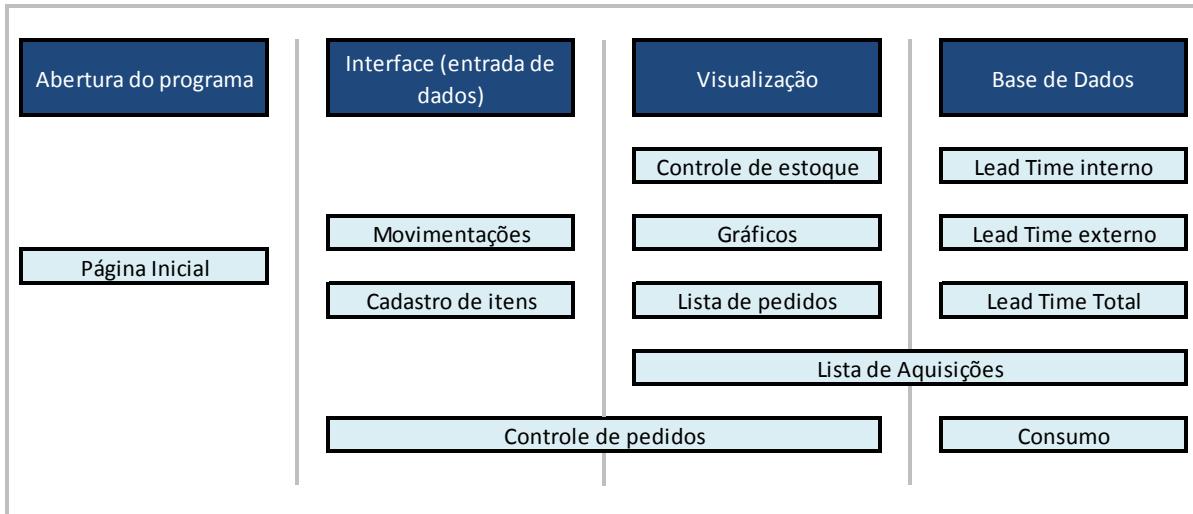


Figura 4 - Estrutura do sistema de controle de estoque

Fonte: Elaborado pelo autor

- Página Inicial: tela inicial do programa, com botões direcionando para as telas de interface e de visualização.
- Movimentações: permite ao usuário cadastrar uma movimentação (entrada ou saída para consumo de um item em estoque, além de alteração no *status* do item caso seja rejeitado ou fique em quarentena). Utiliza informações da lista de aquisições para resgatar os dados necessários para retirar itens do estoque.
- Cadastro de itens: permite ao usuário adicionar à base de dados novos produtos para serem controlados ou retirar itens que não necessitam mais de controle.
- Controle de pedidos: insere novos pedidos que estão em trânsito e possibilita a visualização deles. Utiliza a marcação das datas de *lead time* interno e externo para alimentar a base de dados de *lead time*. O *lead time* interno é o intervalo de tempo entre o início do processo de cotação até o envio do pedido ao fornecedor. O *lead time* externo é o intervalo de tempo desde o envio do pedido até a chegada do produto na organização. O *lead time* total é a soma destes dois itens.

MOVIMENTAÇÕES

ENTRADA

ALTERAÇÃO

CONTROLE DE PEDIDOS

ID	EI	DESCRIÇÃO	U.M.	Quantidade	Data Pedido	Data Inserção	Data Chegada	Status	OBS
3	196	Ácido Sulfúrico Metanol Solução	PC	5	16/10/2010	16/10/2010		Incompleto	
2	19	Selo de Alumínio	PC	10	06/10/2010	12/10/2010		Incompleto	
1	5	Açetona PA ACS 1L	PC	20	05/09/2010	10/09/2010	30/09/2010	Finalizado	

CONTROLE DE PRODUTOS

ID	EI	Descrição	U.M.	Status
	024			Cadstrar/Retirar

Figura 5 - Telas de interface do sistema de controle de estoque

Fonte: Elaborado pelo autor

- Controle de estoque: planilha com todos os dados agregados dos itens em estoque, apresentando as seguintes informações para cada item.
 - Quantidade em estoque.
 - Quantidade em trânsito.
 - Margem de Segurança (que deverá ser escolhida pela organização).
 - Ponto de pedido.
 - Quantidade de pedido.
 - Status (estoque adequado ou realizar pedido).

E.I	DESCRIÇÃO	U.M	Quantidade em estoque	Quantidade pedida	Importância	Ponto de Pedido	Quantidade	Status	Obs.
004	Ponteira 2-200 ul	CX	4	0	Alta	1	8		
005	Acetona PA ACS 1L	PC	0	0	Alta	1	8	Fazer Pedido	
006	Acetonitrila HPLC/UV 4Litros	PC	0	0	Alta		8		
007	Ácido Sulfúrico 95 - 98% PA ACS 1L	PC	0	0	Média	1	8	Fazer Pedido	
008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	PC	50	0	Alta	38	132	OK	
009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	PC	100	0	Baixa	68	176	OK	
010	Água Esteril Purificada 100ml	PC	0	0	Alta		24		
015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	L	15	0	Alta		65		
016	Alcool Isopropil PA ACS	L	0	0	Alta	1	17	Fazer Pedido	
017	Alcool Metílico PA ACS 1L	L	1	0	Alta	1	11	Fazer Pedido	
019	Caldo TSB -15ml (Tríptico de soja)	TUBO	138	0	Alta		134		
020	Crystal de Iodo (Iodo Resublimado Cristal PA ACS 125g)	PC	1	0	Alta	1	8	Fazer Pedido	
021	TLC Silicagel 60	CX	0	0	Alta		8		
022	TLC alumínio óxido F254	CX	0	0	Alta		11		
023	Etanol Absoluto ACS ISO	L	1	0	Alta	1	8	Fazer Pedido	
024	Filtro Millex GS 0.22 micra	PC	200	0	Alta		74		
030	Frasco com tampa de rosca V-Vials 5ml	PC	36	0	Alta		36		
031	Frasco com tampa para Theodorico	PC	1200	0	Alta	510	193	OK	
036	Hidroxido Amônio 28 - 30% PA ACS 1L	L	0	0	Alta		8		
038	Lai Reagent Water	PC	0	0	Alta		8		
039	Limulus Amebocyte Lysate	PC	89	0	Alta	14	86	OK	
047	Caldo Tio 15ml	TUBO	137	0	Alta		131		
048	Micro Serina 05ul	PC	0	0	Alta	2	21	Fazer Pedido	
049	Micro Serina 10ul	PC	0	0	Alta	2	21	Fazer Pedido	
050	Monitor SS Plus para Análise Microbiológica 0.45UM Branco	PC	38	0	Alta	1	26	OK	
051	Pano para Limpeza	PC	3600	0	Alta	331	530	OK	
052	Pap Indic PH 0-14	CX	0	0	Alta		8		
053	Pap Indic PH 4.0-7.0	CX	3	0	Alta	1	13	OK	
054	Pap Indic PH 5.0 - 10.00	CX	3	0	Alta	1	13	OK	
059	Selo de Alumínio	PC	500	0	Alta				
066	Set Perforador Theodorico (conector de equipo)	PC	167	0	Alta	66	68	OK	

Figura 6 - Planilha de controle de estoque

Fonte: Elaborado pelo autor

- Gráficos: visualização gerencial de situação do estoque, consumo médio e *lead time* médio para cada item.
- Lista de pedidos: consolida todos os produtos que atingiram o ponto de pedido e devem ter o estoque reabastecido, junto com as quantidades sugeridas para o pedido.
- Lista de aquisições: permite a visualização de todas as ordens entregues, guardando o seu histórico.
- Base de dados de lead time e demanda: aglomera todas as informações necessárias para a realização dos cálculos do programa.

E.I	NF-Nº	DATA ENT.	E.	DESCRIÇÃO	USUÁRIO	U.	LOTE	FABRICANTE	VALIDADE	QUARENTA	APROVAD.	REPROVAD.	SAINTE	TOTAL
001	GE3749	13/12/2009	003	ABX Cray and Detergentation Kit	CQ	CX	PEGM00471-002	ABX	01/12/2014	1	1	0	0	0
003	GE3749	03/05/2010	003	ABX Radio HPLC Eluent Kit	CQ	CX	PEGM00421-002	ABX	01/12/2014	0	1	1	0	0
232	14788	03/05/2010	004	Ponteira Eppendorf 2.000 ul Estéril	CQ	CX	Y137920R	Eppendorf	01/12/2014	0	5	1	4	0
005	509804	13/12/2009	005	Acetona PA ACS 1L	CQ	PC	G33256	Haxis	15/08/2013	0	1	1	0	0
006	509804	13/12/2009	006	Acetonitrila HPLC/UV 4Litros	CQ	PC	H13C63	JT BAKER	23/03/2014	0	1	1	0	0
007	509804	13/12/2009	007	Ácido Sulfúrico 95 - 98% PA ACS 1L	CQ	PC	H13C11	Haxis	18/03/2014	0	1	1	0	0
008	39387	13/10/2009	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	22472	New Prov	28/10/2009	0	25	25	0	0
135	10/12/2009	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	21410	New Prov	28/12/2009	0	10	10	0	0	
178	140	21/01/2010	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	26037	New Prov	04/03/2010	0	100	100	0	0
211	2761	18/03/2010	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	10031015	New Prov	10/05/2010	0	35	35	0	0
220	3165	29/03/2010	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	10031015	New Prov	10/05/2010	0	45	45	0	0
230	4294	22/05/2010	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	160400606	New Prov	16/05/2010	30	120	120	30	0
269	1590	22/05/2010	008	Agar Tríptico de Soja (TSA) para contato	CQ	PC	mm00129	Biocam	10/09/2010	20	60	60	20	0
009	1090	13/12/2009	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	20456	New Prov	29/10/2009	0	50	50	0	0
133	0712/2009	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	21690	New Prov	13/12/2009	0					0
177	140	21/01/2010	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	25659	New Prov	16/02/2010	0	30	30	0	0
134	07/12/2009	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	21414	New Prov	28/12/2009	0	140	140	0	0	
212	2761	18/03/2010	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	4031043	New Prov	04/05/2010	0	30	30	0	0
216	3050	25/03/2010	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	15031014	New Prov	15/05/2010	0	130	130	0	0
229	4125	19/04/2010	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	30031003M	New Prov	30/05/2010	0	180	180	0	0
267	1590	22/06/2010	009	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	TSA 01138	Biocam	17/10/2010	100	70	70	100	0
010	INRAD	13/10/2009	010	Água Esteril Purificada 100ml	CQ	PC	8073006	GE Healthcare	01/01/2011	0	10	10	0	0
261	15161	17/06/2010	011	Ponteira Eppendorf 50-1000 ul Estéril	PRODUÇÃO	CX	920064	Eppendorf	01/11/2014	2			2	
012	1860	13/09/2009	012	Agar Tríptico de Soja (TSA) pct 10placas	CQ	PC	7016	Embramed	01/06/2013	0	490	490	0	0
274	SAM 647650	05/07/2010	013	Lentilha Plástica Descartável 3 vias	PRODUÇÃO	PC	442326	Biomedical	05/09/2012	0	19	1	18	
014	INRAD	23/12/2009	014	Agulhas para gaveta	PRODUÇÃO	PC	909439	Rioquimica	01/09/2012	0	12	12	0	
015	INRAD	13/12/2009	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	91098	Rioquimica	01/10/2012	0	10	10	0	
150	INRAD	30/12/2009	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	911124	Rioquimica	01/11/2012	0	10	10	0	
137	INRAD	15/12/2009	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	911124	Rioquimica	01/11/2012	0	12	12	0	
171	INRAD	15/01/2010	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	1001129	Rioquimica	01/01/2013	0	5	5	0	
205	SAM 592390	12/03/2010	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	1001129	Rioquimica	01/01/2013	0	7	7	0	
218	SAM 598926	12/03/2010	015	Alcool Etílico 77% Rualcool 70	LIMPEZA	L	1001129	Rioquimica	01/01/2013	0				

Figura 7 - Telas de visualização do sistema
Fonte: Elaborado pelo autor

E.I	DESCRIÇÃO	U.M	ESTOQUE	QUANTIDADE
010	Água Esteril Purificada 100ml	PC	10	6
047	Caldo Tio 15ml	TUBO	15	12
083	Amostrador c/ meio MHPG 10025	PC	8	5
111	Septo de 9 mm com tubo central	PC	32	15

4.1.5. Implementação

Para evitar falhas e garantir a integridade do sistema, a planilha está inteiramente bloqueada para alterações, exceto nos campos de inserção de informações. A organização poderá fazer o desbloqueio do arquivo, mas correrá o risco de alterar alguma parte essencial ao funcionamento e, deste modo, inviabilizar o seu uso.

Durante a primeira apresentação do sistema, ainda incompleto, diversas melhorias foram sugeridas e aplicadas ao projeto, como a inserção dos gráficos gerenciais e a adaptação do sistema a características específicas de determinados produtos.

A implementação do sistema deverá ser realizada atualizando-se as bases de dados com as informações mais recentes disponibilizados pelo Cinrad em um dia determinado pela organização.

O sistema será apresentado ao funcionário responsável pelo almoxarifado e ao supervisor da produção, demonstrado suas principais funções e modo de operação. Um manual será entregue para os funcionários com explicações detalhadas do funcionamento do programa e um guia para a resolução dos principais problemas que poderão surgir durante a sua utilização.

4.2 Análise de atividades e custos

4.2.1. ABC em unidades Cíclotron/PET

A aplicação do ABC no fluxo de produção do Cinrad terá como base o artigo de Krug et al. (2008), que realizou um estudo genérico da aplicação deste método em unidades similares na Europa.

Krug et al. (2008) realizaram um extenso estudo considerando diversos centros europeus que trabalham na produção do ¹⁸F-FDG com o objetivo de utilizar o ABC para a análise dos principais fatores que influenciam o custo deste produto. Dentro desta pesquisa foi constatado que o preço de radiofármacos variou pela Europa entre 300 e 500 Euros.

Em seu artigo, Krug et al. (2008) dividem o processo produtivo do ¹⁸F-FDG em cinco atividades primárias:

- Produção do ¹⁸F (bombardeamento dos alvos);
- Síntese do ¹⁸F-FDG;
- Controle da Qualidade, de acordo com a regulação vigente;
- Fracionamento
- Embalagem.

Além destas, são definidas as atividades secundárias, que servem de apoio a produção sem serem ligadas diretamente ao produto, como administração, contabilidade e gerenciamento geral. Este último designa todos os funcionários que trabalham diretamente na produção do ¹⁸F-FDG. As atividades secundárias serão rateadas em função do número de produções³ do produto final. As despesas gerais (impostos sobre a terra e propriedades e seguros) junto com atividades terciárias (espaços sem atividades específicas, como cozinhas, recepção almoxarifado) serão rateadas de acordo com este mesmo critério.

Esta classificação apresenta uma visão simplificada da operação deste tipo de organização, já que o projeto de Krug et al. (2008) visava apresentar os custos de uma unidade genérica de produção de ¹⁸F-FDG.

Neste projeto no Cinrad a análise pode ser mais aprofundada, com um maior número de atividades e uma divisão mais acurada dos custos, para que o resultado final seja pouco afetado por erros de agregação e especificação.

Durante a pesquisa, Krug et al. (2008) considerou um bombardeamento de dois alvos durante 120 minutos, com uma atividade final (de entrega para pacientes) de 10 mCi, resultando em 32 a 34 pacientes atendidos por produção. No Cinrad, os parâmetros de produção são exatamente estes, o que permitirá uma comparação razoável entre os resultados obtidos no estudo e os resultados deste projeto.

Os direcionadores de custos selecionados por Krug et al. (2008) estão representadas na Tabela 1. Todos os direcionadores de custos estão relacionados com medidas de tempo ou volume.

Tabela 2 - Direcionadores de custos
Fonte: Tabela adaptada de Krug et al. (2008)

Atividades	Direcionadores de custos potenciais
Produção do ¹⁸ F	Número de doses, tempo de produção

³ Uma produção é a fabricação de um lote de ¹⁸F-FDG, depois de realizado todas as atividades descritas.

Síntese do ^{18}F -FDG	Atividade do ^{18}F , tempo de bombardeamento
Fracionamento	Número de doses, número de hospitais
Embalagem	Número de hospitais
Controle da Qualidade	Número de lotes
Gerenciamento de resíduos	Número de lotes, número de hospitais
Administração	Número de doses, número de hospitais
Gerenciamento Geral	Número de funcionários, número de lotes
Garantia da Qualidade	Número de modificações, número de procedimentos e medidas
Não alocados	Número de lotes, número de penalidades

Os custos da unidade genérica de Krug et al (2008) foram divididos em cinco grandes grupos:

- Materiais;
 - Salários;
 - Equipamentos;
 - Despesas gerais;
 - Espaço.

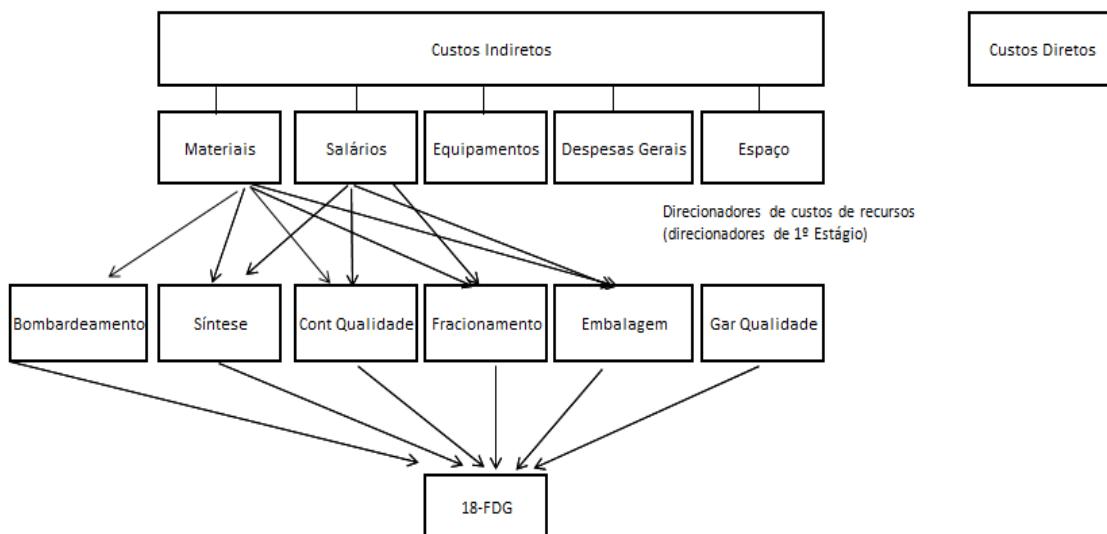


Figura 8 - Esquema do ABC para produção do ^{18}F -FDG

Fonte: Adaptado de Krug et al. (2008)

Krug et al. (2008) considerou para a aplicação do método que os custos de compra e depreciação de equipamentos e construção do local de produção serão contabilizados para a alocação dos custos nas atividades, através do tempo de vida útil de cada item e a anualização deste valor. O tratamento dado a cada grupo de custos foi o seguinte:

- Espaço: o custo foi alocado proporcionalmente ao espaço da área em que ocorre a atividade. Caso ocorram duas atividades na mesma área, a alocação é feita pelo tempo de uso;
- Equipamentos: o custo foi definido de acordo com o aluguel e depreciação do equipamento, custos de mão de obra relacionados ao técnico da manutenção do equipamento e a manutenção externa anual;
- Salários: o autor considerou cinco a seis funcionários em tempo integral (FTE – *full time equivalents*)⁴ para uma ou duas produções por dia;
- Materiais: podem ser alocados diretamente às atividades;
- Despesas gerais e espaços sem atividades específicas foram rateadas de acordo com o número de produções.

O resultado da pesquisa conduzida demonstrou que o principal custo é o salário dos funcionários, seguindo de gastos com equipamentos. A atividade que absorveu um custo maior foi a produção de ¹⁸F.

Uma análise de sensibilidade conduzida pelo autor mostrou que o custo de realizar duas produções por dia em comparação com apenas uma produção cai aproximadamente em 26%. Esta constatação será importante para o trabalho, pois o Cinrad planeja realizar duas produções diárias, mas ainda não tem nenhum estudo feito sobre os potenciais benefícios desta opção de produção.

Outro fator colocado como teste na análise de sensibilidade foi o impacto das obrigações regulatórias para a autorização de produção comercial do ¹⁸F-FDG, que variou de 8% a 13% do custo total. Outros autores também demonstraram que a rigidez das normas para a

⁴ A medida FTE é utilizada para designar quantos funcionários seriam necessários se todos se dedicassem em tempo integral para a atividade descrita. Este é um método para contornar desvios como a existência de vários turnos e funcionários que realizam funções variadas durante o seu expediente.

produção de radiofármacos é um dos principais entraves à criação de novas unidades de produção (KEPPLER; CONTI, 2000).

4.2.2. Descrição das atividades

Durante a etapa de coleta de dados, uma pessoa de cada área, pelo menos, foi entrevistada para que fosse possível determinar o quadro geral do funcionamento da organização e determinar as atividades relevantes para este projeto. Com esta base, foi possível delinear bem o processo produtivo e entender a rotina de cada funcionário dentro do Cinrad.

A organização tem, atualmente, 14 funcionários, divididos do seguinte modo entre as áreas:

- Produção – 7 colaboradores.
- Controle de Qualidade (CQ) – 3 colaboradores.
- Almoxarifado – 1 colaborador.
- Serviços gerais – 1 colaborador.
- Supervisão – 2 colaboradores.

As atividades são divididas entre as que fazem parte diretamente do fluxo produtivo para a produção do ¹⁸F-FDG e as atividades de suporte a produção. Na Tabela 3 estão demonstradas todas as atividades e sua relação com cada área. Também foi assinalada a quantidade de funcionários necessária para realizar esta tarefa, considerando duas produções diárias (objetivo de curto prazo da organização).

Tabela 3 - Atividades por área

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividade	Áreas	Número de funcionários
Compra de insumos	Serviços Gerais	1
Produção do ¹⁸ F	Produção	2
Síntese	Produção	2
Fracionamento	Produção	2
Análise da matéria-prima	CQ	2
Controle de qualidade do produto	CQ	2
Embalagem/Expedição	Produção	3
Controle de Estoque	Almoxarifado	2
Programação da produção	Supervisão	1

Detalhamento das atividades

As atividades diretamente ligadas ao fluxo produtivo rotineiro são:

- a) Produção do ¹⁸F: transformação do ¹⁸O em ¹⁸F (material radioativo). Esta é a etapa em que o Cíclotron fica ligado. Esta etapa inclui a tarefa de preparação para a ativação do Cíclotron, principalmente conferir através do sistema especializado se todos os indicadores dos equipamentos (radioatividade, pressão do gás, temperatura da água, nível do vácuo, entre outros) estão dentro dos parâmetros permitidos. Após isto, o Cíclotron é ligado, sendo que esta tarefa dura, aproximadamente, duas horas e meia. A atividade termina com o envio do ¹⁸F para a síntese e o preenchimento da documentação necessária para as normas da Anvisa. Para esta atividade, é necessária a presença de um físico. O turno para esta função opera no sistema 12x36, no qual um funcionário trabalha 12 horas

em um dia e não trabalha no outro, revezando com um segundo funcionário, com turno começando à meia noite e meia. Desta forma, para duas produções diárias, a organização necessita ter dois funcionários para a posição.

- b) Síntese: esta atividade envolve a transformação do ^{18}F (enviado por um encanamento especial para o laboratório de produção) em $^{18}\text{F-FDG}$, através de um processo no qual as partículas de flúor juntam-se a moléculas de glicose. Este processo é realizado através de um equipamento especializado para a produção do $^{18}\text{F-FDG}$. A atividade é subdividida na tarefa de preparação e teste do equipamento, na própria síntese e na limpeza e testes finais após a produção. O processo todo é feito em ambiente fechado devido à radioatividade e para evitar problemas devido à contaminação de amostras. Para isso, a preparação da sala, onde ocorrem os processos de síntese e fracionamento, é essencial para a qualidade do produto. O próprio equipamento para síntese realiza um auto-teste, enquanto o funcionário prepara a sala, em, aproximadamente, uma hora. O processo de síntese em si dura por volta de meia hora, sendo que a limpeza da sala e testes finais ocupam 40 minutos. Esta atividade é realizada por um funcionário por produção. Atualmente, os dois funcionários que fazem esta atividade trabalham em turnos de sete horas cada um, entre 01:00 e 09:00 e entre 07:00 e 15:00.
- c) Fracionamento: esta atividade realiza a separação do $^{18}\text{F-FDG}$ enviada pelo sintetizador para os frascos com as doses necessárias para cada cliente no dia. Este processo também é realizado por um equipamento específico, o dispensador automático. O fracionamento também engloba três tarefas, a preparação, a operação e a limpeza da sala. A preparação é realizada conjuntamente com a preparação da síntese, pois os processos ocorrem no mesmo laboratório. A tarefa de fracionamento dura 50 minutos para o número máximo de doses, com a limpeza final ocorrendo também juntamente a da síntese. Os funcionários que operam o dispensador são os mesmos que realizam o processo de síntese. À medida que os frascos são liberados por este processo, eles são encaminhados para o controle de qualidade e para a expedição.
- d) Controle de qualidade do produto: a segunda dose separada pelo dispensador é enviada para o controle de qualidade (a primeira é guardada como histórico da produção). O controle envolve duas categorias de testes:
- Teste microbiológico para verificar se as endotoxinas bacterianas estão dentro do nível permitido, com duração de aproximadamente de 15 minutos.

- Testes físico-químicos para identificar a presença do radionuclídeo e ^{18}F -FDG na amostra e garantir a sua pureza, além de verificar a existência de solventes residuais na amostra, com duração aproximada de 45 minutos.

Um exame de esterilidade também é realizado, mas o tempo de resposta do exame de 14 dias impossibilita a sua aplicação no momento. O seu uso é necessário para uma garantia posterior de que as doses não apresentavam componentes microbiológicos. Esta atividade também requer uma tarefa de preparação da sala e dos equipamentos, que pode durar até três horas, com o controle de qualidade durando uma hora. Em uma produção, o controle de qualidade do produto é feito por apenas uma pessoa. A disposição dos funcionários é similar ao da síntese/fracionamento, com dois turnos por dia. O controle de qualidade tem um terceiro funcionário que realiza tarefas administrativas, como envio da análise aos clientes e aprovação dos testes.

- Embalagem/Expedição: os frascos enviados pelo dispensador precisam ser guardados em um recipiente especializado requerido por lei para o transporte de radiofármacos. Além disso, todos estes recipientes e os veículos que transportarão o produto aos clientes precisam passar por um teste para medição da radioatividade antes de serem liberados. Esta atividade, que dura entre trinta e quarenta minutos é realizada por tecnólogos, em turnos de trabalho semelhantes aos físicos que operam o Cíclotron, de 12x36 horas. Além disso, o responsável pelo almoxarifado auxilia nesta atividade com a identificação por etiquetas de cada produto e o despacho das doses para os transportes. O transporte das doses é responsabilidade do cliente, que necessita apenas devolver os recipientes utilizados no envio do produto.

A programação da produção é feita para minimizar o tempo de produção, pois, devido ao decaimento a cada duas horas, quanto maior a velocidade de produção, menor é a quantidade necessária a ser produzida para entregar aos clientes o produto com o nível de atividade acordado (10mCi). Deste modo, a preparação das salas para controle de qualidade e síntese/fracionamento é feita simultaneamente com a produção de ^{18}F . Além disso, o controle de qualidade, fracionamento e embalagem/expedição são programados para serem simultâneos e finalizarem ao mesmo tempo.

As atividades que não são ligadas diretamente ao fluxo de produção rotineiro são:

- Análise da matéria-prima: existe uma série de matérias-primas que são entregues ao Cíclotron com as especificações do fornecedor. Estas especificações devem ser testadas no Cinrad para garantir que sejam verdadeiras, pois, caso uma matéria-prima esteja fora das especificações, ela poderá inutilizar o produto final causando grande prejuízo aos

clientes e pacientes. Esta atividade não apresenta um padrão regular, pois depende da quantidade de produtos que chegam e dos testes a serem realizados. Entretanto, estes testes costumam ser simples, raramente ultrapassando quinze minutos para sua realização. Esta atividade é realizada pelos funcionários do controle de qualidade.

- b) Compra de insumos: a compra de matérias-primas e equipamentos é centralizada em uma funcionária que realiza o processo administrativo para cotação e aquisição dos itens necessários após receber a ordem de compra de uma área. Esta funcionária divide o seu tempo entre esta atividade, controle de estoque e diversas outras atividades administrativas, trabalhando em horário comercial (08:00 às 17:00).
- c) Controle de Estoque: o almoxarifado fica sob responsabilidade de um auxiliar contábil, que faz todo o registro de entrada e saída de produtos, além de auxiliar na separação de itens necessários para a produção. Ele também realiza o controle do nível de estoque dos itens para determinar se alguma ordem de compra é necessária. O funcionário tem expediente entre 05:00 e 14:00. A partir deste horário, o controle de estoque é realizado pela mesma funcionária que cuida da compra de insumos.
- d) Programação da produção: esta atividade é realizada pelo coordenador técnico, que é responsável por toda a operação do Cinrad. Ela envolve definir a sequência de saída das doses para cada cliente, e a quantidade de atividade que cada dose deverá ter. Deste modo, deverá ser levado em conta o horário em que a dose será aplicada ao paciente, pois neste instante o nível de radioatividade da dose deverá ser 10mCi, no mínimo. Esta atividade começa as quatro horas da tarde, horário limite para que os clientes enviem os pedidos para o dia seguinte. A partir daí, o funcionário utiliza, aproximadamente, uma hora e meia de seu tempo para realizar a programação da produção, confirmar os pedidos junto aos clientes e repassar ao setor de produção a quantidade e ordem de produção para o dia seguinte.

Outras duas atividades também serão analisadas durante a aplicação do método, mas os custos alocados a elas serão repassados para as atividades descritas anteriormente:

- Manutenção: esta atividade é realizada parcialmente pelo fornecedor, tanto na manutenção preventiva quanto corretiva, em caso de problema mais grave. Entretanto, três funcionários do Cinrad trabalham diretamente com pequenas manutenções preventivas e corretivas nos equipamentos da unidade, além de realizarem outras tarefas.
- Proteção radiológica: esta atividade, regulada pelo CNEN, é obrigatória devido à natureza do processo e produto do Cinrad. Ela consiste em realizar verificações (por

volta de duas horas e meia por dia) de todas as salas e equipamentos do Cinrad, de forma a garantir que a radioatividade não ultrapasse os níveis permitidos. Além disso, semanalmente são testados todos os sistemas de proteção radiológica (tarefa que dura três horas). O objetivo é que, considerando toda a instalação e seus sistemas de proteção, o risco de acidentes seja menor que 0,00001%, nível máximo definido por lei para que a unidade possa operar.

4.2.3. Identificação dos custos

Os custos foram separados em cinco categorias.

- Materiais.
- Espaço físico.
- Equipamentos.
- Mão de obra.
- Utilidades.

Além disso, o Cinrad tem uma série de despesas fixas que podem ou não serem relacionadas com a produção, mas que serão utilizadas no cálculo do custo do produto. Estas despesas são analisadas separadamente. Dentro das despesas também serão acrescentados gastos utilizados na tarefa de administrar o local, que estão dentro das cinco categorias de custos listadas.

Materiais

Os gastos com materiais para a produção foram retirados de um estudo prévio realizado para o Cinrad de levantamento de custos. Estes gastos foram separados em três grupos.

- Materiais para produção (inclui as atividades de produção do ^{18}F , síntese e fracionamento).
- Materiais para o controle de qualidade.
- Materiais para a análise da matéria-prima.

Os materiais para produção e para controle de qualidade são apresentados na tabela 4 e 5, respectivamente. Estes valores representam a quantidade utilizada em um ciclo de produção do ^{18}F -FDG.

Tabela 4 - Materiais para produção

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Materiais	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
Álcool 70% (fr. 250 ml)	1	fr.	R\$ 2,20	R\$ 2,20
Álcool isopropílico estéril 70% (fr. 250 ml)	1	fr.	R\$ 117,81	R\$ 117,81
Frasco Theodorico 15ml	14	fr.	R\$ 7,02	R\$ 98,27
Lacre de Aluminio	14	unit	R\$ 0,36	R\$ 5,01
Água enriquecida	5	gr.	R\$ 81,68	R\$ 408,41
Cassete para FDG	1	unit	R\$ 1.068,14	R\$ 1.068,14
Soro Fisiológico 0,9% (fr.100ml)	1	fr.	R\$ 1,67	R\$ 1,67
Frasco Estéril 50ml (Bulk)	1	fr.	R\$ 2,20	R\$ 2,20
Equipo (Theodorico)	1	unit	R\$ 26,86	R\$ 26,86
Equipo Perfurate (Theodorico)	1	unit	R\$ 26,86	R\$ 26,86
Pano Sontara	40	unit	R\$ 0,55	R\$ 21,99
Placas de TSA (Petri)	3	unit	R\$ 4,45	R\$ 13,34
Placas de Petri/semana	0,42	unit	R\$ 4,45	R\$ 1,85
Placas Rodac	2	unit	R\$ 5,89	R\$ 11,78
Placas Rodac/semana	0,33	unit	R\$ 5,89	R\$ 1,96
Swab	2	unit	R\$ 9,24	R\$ 18,47
Agulha Raqui Spinal Unisis Estéril 20Gx90mm	1	unit	R\$ 6,28	R\$ 6,28
Gases	0,5	unit	R\$ 227,77	R\$ 113,88
Luva estéril	6	par	R\$ 2,10	R\$ 12,63
Luva de procedimento	6	par	R\$ 0,35	R\$ 2,07
Filtro 0,22 micrometros	2	unit	R\$ 1,57	R\$ 3,14
Seringa tuberculina 1 mL	1	unit	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Etiquetas (rolo)	0,5	rolo	R\$ 113,10	R\$ 56,55
TOTAL				R\$ 2.021,61

Tabela 5 - Materiais para controle de qualidade
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Materiais	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
Cartucho PTS	1	unit.	R\$ 235,62	R\$ 235,62
Ampola de 10 mL de água para injeção	1	unit.	R\$ 0,16	R\$ 0,16
Seringas descartáveis de 5 mL	2	unit.	R\$ 0,25	R\$ 0,50
Agulhas descartáveis	2	unit.	R\$ 1,16	R\$ 2,32
Tubo apirogênico	1	unit.	R\$ 16,65	R\$ 16,65
Ponteiras de 100 µL estéreis	2	unit.	R\$ 3,53	R\$ 7,07
Tubos de caldo Tioglicolato	3	unit.	R\$ 8,83	R\$ 26,48
Tubos de caldo Triptico de soja	3	unit.	R\$ 7,30	R\$ 21,91
Ampola de 10 mL de solução salina estéril	1	unit.	R\$ 0,16	R\$ 0,16
Placas rodac com TSA	1	unit.	R\$ 5,89	R\$ 5,89
Placas TSA	3	unit.	R\$ 4,45	R\$ 13,34
Placas semanais	0,8	unit.	R\$ 4,45	R\$ 3,70
Fitas pH 5,0 – 10,0	2	unit.	R\$ 1,96	R\$ 3,93
Fitas pH 4,0 – 7,0	2	unit.	R\$ 1,96	R\$ 3,93
Solução padrão pH 6,0	100	ul	R\$ 0,21	R\$ 20,89
Solução padrão pH 7,0	100	ul	R\$ 0,14	R\$ 14,29
Seringa tuberculina 1 mL	1	unit.	R\$ 0,22	R\$ 0,22
Placas TLC sílica-gel	1	unit.	R\$ 3,11	R\$ 3,11
Placa d óxido de alumínio	1	unit.	R\$ 3,11	R\$ 3,11
Padrão FDG	1	gr	R\$ 0,57	R\$ 0,57
Padrão kryptofix	1	gr	R\$ 0,20	R\$ 0,20
Etanol	1	gr	R\$ 1,26	R\$ 1,26
Acetonitrila	1	gr	R\$ 0,06	R\$ 0,06
Ácido Acético	1	gr	R\$ 0,16	R\$ 0,16
Ácido Sulfúrico	1	gr	R\$ 0,63	R\$ 0,63
Metanol	1	gr	R\$ 3,77	R\$ 3,77
Cristais de Iodo	1	gr	R\$ 62,83	R\$ 62,83
Hidróxido de Amônio	1	gr	R\$ 0,47	R\$ 0,47
Gases	0,5	unit	R\$ 227,77	R\$ 113,88
Luva estéril	6	par	R\$ 2,10	R\$ 12,63
Luva de procedimento	6	par	R\$ 0,35	R\$ 2,07
TOTAL				R\$ 581,83

O custo dos materiais utilizados na análise da matéria-prima é dividido entre a quantidade utilizada de material como amostra para realizar os testes necessários e o custo da terceirização de alguns testes que devem ser realizados em uma quantidade predeterminada durante o período de um ano. Estes testes são terceirizados pelo Cinrad, mas devem ser

acrescentados ao custo de análise de matéria-prima. Os custos são apresentados como gastos anuais e serão divididos pela estimativa de 576 produções por ano.

Tabela 6 - Materiais para análise de matéria-prima

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Materiais	Anual		Produção			TOTAL
	Teste	Amostragem	Teste	Amostragem		
Placas TSA	R\$ 2.290,22	R\$ 565,49	R\$ 3,98	R\$ 0,98	R\$	4,96
Placas Rodac	R\$ 2.255,54	R\$ 426,75	R\$ 3,92	R\$ 0,74	R\$	4,66
Caldo TSB	R\$ 2.324,15	R\$ 701,20	R\$ 4,03	R\$ 1,22	R\$	5,25
Caldo TiO	R\$ 3.642,49	R\$ 847,48	R\$ 6,32	R\$ 1,47	R\$	7,80
Amostrador MHPC	R\$ 475,01	R\$ 307,88	R\$ 0,82	R\$ 0,53	R\$	1,36
Swab	R\$ 96,70	R\$ 70,12	R\$ 0,17	R\$ 0,12	R\$	0,29
Salina 10 mL	R\$ 1.096,01	R\$ 10,37	R\$ 1,90	R\$ 0,02	R\$	1,92
Água p/ Injeção 10 mL	R\$ 2.192,01	R\$ 16,59	R\$ 3,81	R\$ 0,03	R\$	3,83
Salina 100 mL	R\$ 1.096,01	R\$ 19,98	R\$ 1,90	R\$ 0,03	R\$	1,94
Frasco Theodorico	R\$ 365,34	R\$ 147,34	R\$ 0,63	R\$ 0,26	R\$	0,89
Frasco Bulk	R\$ 1.096,01	R\$ 98,49	R\$ 1,90	R\$ 0,17	R\$	2,07
Cassete	R\$ 1.878,01	R\$ 2.082,88	R\$ 3,26	R\$ 3,62	R\$	6,88
Agulha 1,60 x 40	R\$ 365,34	R\$ 5,81	R\$ 0,63	R\$ 0,01	R\$	0,64
Cartucho PTS	R\$ 805,63	R\$ 1.413,72	R\$ 1,40	R\$ 2,45	R\$	3,85
seringa 5 mL	R\$ 1.096,01	R\$ 3,77	R\$ 1,90	R\$ 0,01	R\$	1,91
Seringa 1 mL	R\$ 1.096,01	R\$ 6,60	R\$ 1,90	R\$ 0,01	R\$	1,91
Set Perforater Theo	R\$ 365,34	R\$ 45,96	R\$ 0,63	R\$ 0,08	R\$	0,71
Set Theodorico A	R\$ 365,34	R\$ 45,96	R\$ 0,63	R\$ 0,08	R\$	0,71
Ponteira Estéril VistaL	R\$ 548,00	R\$ 53,01	R\$ 0,95	R\$ 0,09	R\$	1,04
Ponteira Epp. 200 Est.	R\$ 365,34	R\$ 19,32	R\$ 0,63	R\$ 0,03	R\$	0,67
Agulha Raqui 20 x 90	R\$ 548,00	R\$ 94,25	R\$ 0,95	R\$ 0,16	R\$	1,12
Tubo Apirogênico	R\$ 537,09	R\$ 133,20	R\$ 0,93	R\$ 0,23	R\$	1,16
Fita pH 5,0 - 10,0	R\$ 18,85	R\$ 7,79	R\$ 0,03	R\$ 0,01	R\$	0,05
Fita pH 4,0 - 7,0	R\$ 18,85	R\$ 7,85	R\$ 0,03	R\$ 0,01	R\$	0,05
Água Enriquecida	R\$ 365,34	R\$ 294,18	R\$ 0,63	R\$ 0,51	R\$	1,14
		TOTAL	R\$ 43,93	R\$ 12,89	R\$	56,82

Espaço físico

O cálculo dos custos relacionados ao espaço físico foi baseado no investimento realizado para a construção da área no qual o Cinrad é localizado. Deste investimento, foi determinado tanto o custo relacionado à depreciação quanto à manutenção predial. Por ser uma instituição ligada a um órgão público, não há custos relacionados a impostos prediais e de terreno. Para a depreciação anual, será utilizado o cálculo através da depreciação linear pelo número de anos que o prédio deverá ser depreciado de acordo com as normas.

Para o custo de manutenção, será utilizado o valor de 6% do custo de substituição do edifício. Este valor foi definido de acordo com Gulati et al. (2009), que situa as empresas com melhores práticas de manutenção com o valor entre 2,5% e 3,5% do custo de substituição,

enquanto outras empresas variam entre 3% e 9% . O custo calculado total para gastos relacionados ao espaço físico é apresentado na tabela 7, com 25 anos de depreciação predial, dado utilizado por um levantamento anterior pela própria organização.

Tabela 7 - Custo de espaço físico (anual)

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Valor do prédio	Depreciação	Manutenção
R\$ 6.350.000,00	R\$ 254.000,00	R\$ 598.473,40

Equipamentos

Todos equipamentos utilizados para a produção pelo Cinrad foram adquiridos de um único grande fornecedor, através de uma proposta comercial. Esta proposta apresenta, separadamente, o preço de aquisição do Cíclotron, dos módulos de síntese e do custo de treinamento dos funcionários. O restante dos equipamentos, que incluem as atividades de fracionamento, controle da qualidade, proteção radiológica e embalagem/expedição estão todos juntos dentro de um valor na proposta comercial, e deverão ser alocados a cada uma das atividades.

Os gastos com equipamentos, como o predial também são relacionados a depreciação e manutenção dos equipamentos. O cálculo da depreciação dos equipamentos será através da depreciação linear. A manutenção é separada em duas partes: uma é coberta por um contrato de manutenção anual com peças do fornecedor, outra é uma estimativa, realizada pelo próprio fornecedor, de itens consumidos no processo de manutenção feita pela própria equipe do Cinrad.

Tabela 8 - Custos de equipamentos

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Área	Preço	Anos (Depreciação)	Depreciação	Manutenção (consumíveis)	Manutenção (Contrato)	TOTAL
Cíclotron	R\$ 4.241.150,08	20	R\$ 212.057,50	R\$ 245.044,23	R\$ 314.159,27	R\$ 771.261,00
Síntese	R\$ 816.814,09	10	R\$ 81.681,41	R\$ 81.535,02	R\$ 31.415,93	R\$ 194.632,36
Diversos	R\$ 5.573.185,37	10	R\$ 557.318,54	R\$ 289.172,91	R\$ 219.911,49	R\$ 1.066.402,94
Treinamento	R\$ 376.991,12	10	R\$ 32.986,72	R\$ -	R\$ -	R\$ 32.986,72
TOTAL	R\$ 11.008.140,66		R\$ 884.044,17	R\$ 615.752,16	R\$ 565.486,68	R\$ 2.065.283,01

Por fim, deverão ser considerados também os custos relacionados à qualificação dos equipamentos. A qualificação é um teste anual, obrigatório, que deverá ser realizado pelo

Cinrad para garantir um bom funcionamento dos equipamentos utilizados na produção. Este valor, cotado pela organização, é de R\$ 434.347,00 anuais.

Mão-de-obra

O Cinrad tem 14 funcionários, prontos para operarem com duas produções por dia. O custo de cada funcionário foi enviado pela organização, junto com o adicional por insalubridade e periculosidade. A este valor, foram adicionados 100% de encargos salariais, para ter o custo total de cada funcionário na organização.

Tabela 9 - Custos com mão-de-obra

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Cargo	Quantidade	salário	insalubridade/ periculosidade	Total	Total com encargos (100%)
Gerente Administrativo	1	R\$ 18.351,79		R\$ 18.351,79	R\$ 36.703,57
Coordenador Técnico	1	R\$ 17.477,89		R\$ 17.477,89	R\$ 34.955,78
Farmacêutico júnior 1	1	R\$ 6.346,03	R\$ 1.903,81	R\$ 8.249,84	R\$ 16.499,69
Farmacêutico júnior 2	1	R\$ 6.346,03	R\$ 1.903,81	R\$ 8.249,84	R\$ 16.499,69
Físico sênior	1	R\$ 11.170,00	R\$ 3.351,00	R\$ 14.520,99	R\$ 29.041,99
Físico junior	1	R\$ 4.156,55	R\$ 1.246,96	R\$ 5.403,51	R\$ 10.807,02
Engenheiro	1	R\$ 8.672,45	R\$ 2.601,73	R\$ 11.274,18	R\$ 22.548,36
Químico 1	1	R\$ 2.207,83	R\$ 662,35	R\$ 2.870,18	R\$ 5.740,37
Químico 2	1	R\$ 2.207,83	R\$ 662,35	R\$ 2.870,18	R\$ 5.740,37
Químico 3	1	R\$ 2.207,83	R\$ 662,35	R\$ 2.870,18	R\$ 5.740,37
Técnico de saúde 1	1	R\$ 3.141,48	R\$ 942,44	R\$ 4.083,93	R\$ 8.167,86
Técnico de saúde 2	1	R\$ 3.141,48	R\$ 942,44	R\$ 4.083,93	R\$ 8.167,86
Auxiliar Contábil 1	1	R\$ 1.947,05		R\$ 1.947,05	R\$ 3.894,10
Auxiliar Contábil 2	1	R\$ 1.947,05		R\$ 1.947,05	R\$ 3.894,10
				TOTAL	R\$ 208.401,09

Utilidades

Esta categoria inclui todos os gastos com energia elétrica, água e gás. As informações de gastos com energia e água foram retiradas da média das faturas dos últimos seis meses destes serviços para o prédio onde o Cinrad está instalado. Este prédio, que contém quatro andares (com o Cinrad no térreo), também sedia outros laboratórios de medicina nuclear e atendimento a pacientes. Deste modo, o custo destes serviços deverá ser dividido entre os quatro andares.

No caso da água, o custo será dividido igualmente entre os quatro andares. Para o gasto de energia, a principal fonte de despesas são os aparelhos de ar condicionado. Como o Cinrad necessita de um sistema de ar condicionado próprio em um controle mais rígido da qualidade e temperatura do ar, será atribuído 50% do custo de energia do prédio ao Cinrad. Os gastos com gás foram estimados pela própria organização, com um custo fixo de aluguel dos cilindros de gás de R\$1570,80 mensais, mais uma estimativa de gastos de R\$1884,95 por mês.

Tabela 10 - Custos com utilidades

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

	Energia	Água	Gás
Prédio	R\$ 103.055,21	R\$ 29.894,75	-
% alocação	50%	25%	-
Cinrad	R\$ 51.527,61	R\$ 7.473,69	R\$ 3.455,75

Despesas gerais

O Inrad contrata diversos serviços, como segurança, limpeza e controle de pragas, cujos custos são contabilizados dentro do centro de custos de cada uma de suas áreas, como o Cinrad. Deste modo, estes custos deverão ser levados em conta, mas devem ser rateados para a organização estudada. Como critério de rateio, foi utilizado o número de funcionários do local (14) em relação ao número total aproximado de funcionários do Cinrad (500). Além disso, outras despesas com materiais de escritório, não relacionadas a produção, ajudarão a compor o preço do produto.

Tabela 11 - Despesas gerais

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

	Custo Mensal	Observação
Segurança	R\$ 734,07	Rateado pelos funcionários do Inrad
Limpeza	R\$ 3.193,36	Rateado pelos funcionários do Inrad
Controle de pragas	R\$ 121,17	Rateado pelos funcionários do Inrad
Proteção radiológica	R\$ 1.544,97	Custo do Cinrad, será alocada às atividades
Materiais	R\$ 20.867,27	Média dos últimos quatro meses
Outras despesas	R\$ 30.216,62	Média dos últimos quatro meses
TOTAL	R\$ 56.677,45	

4.2.4. Identificação de dados da organização

O cálculo do custo final, tanto para as atividades quanto para o produto, será apresentado por dose de produto para o paciente. Deste modo, torna-se necessário estimar a quantidade de doses diárias, mensais e anuais. De acordo com o esquema organizacional atual, o Cinrad planeja duas produções diárias, com 48 doses por produção, considerando um aproveitamento de 100%. Além disso, o planejamento é para que a unidade opere seis dias por semana, de segunda a sábado, totalizando, em média, 24 dias por mês. Considerando erros de produção e dias de parada para manutenção, será utilizado um aproveitamento de 80% da produção, inicialmente. No item 4.2.7 outras configurações são consideradas na análise de sensibilidade dos resultados.

Tabela 12 - Estimativas de produção

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Produções/Dia	2
Doses/Produção	48
Aproveitamento	80%
Dias/Mês	24
Dias/Ano	288
Doses/Mês	1843
Doses/Ano	22118

Outra informação importante para a aplicação dos custos às atividades é o espaço que cada sala ocupa em relação ao total de área construída. Para definir esta relação, foi utilizada uma planta do prédio no qual fica localizado o Cíclotron, com a separação de salas para o Cinrad. Junto com isso, a organização calculou a quantidade de metros quadrados de área construída. Através da planta, pode-se calcular a área de cada sala do prédio, e sua porcentagem em relação ao total de área construída.

Tabela 13 - Divisão de áreas do Cinrad

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Local	Tamanho (m ²)	% TOTAL
Recepção	66,21	6,34%
Administração	59,60	5,71%
Vestiários	21,62	2,07%
Expedição	34,14	3,27%
Almoxarifado	60,31	5,78%
Laboratório de Controle Qualidade	50,12	4,80%
Laboratório de Síntese/Fracionamento	69,90	6,70%
Sala do Cíclotron	172,41	16,51%
Sala de controle	25,03	2,40%
Área técnica	47,79	4,58%
Área do Chiller (controle de temperatura)	27,31	2,62%
Oficina	18,91	1,81%
Laboratório de pesquisa	55,65	5,33%
Área Mecânica	96,01	9,20%
Área de despejo de lixo	79,76	7,64%
Áreas de movimentação (corredor, elevador, etc)	159,24	15,25%
TOTAL	1044,00	100,00%

4.2.5. Direcionadores de custos e alocação às atividades

A alocação dos custos de cada categoria abordada no item anterior será feita através método exposto por Martins (2003), através dos seguintes critérios:

1. Alocação direta.
2. Rastreamento (utilizando os direcionadores de custos).
3. Rateio.

Materiais

Os custos dos materiais utilizados no controle de qualidade da produção e na análise da matéria-prima podem ser alocados diretamente a cada uma dessas atividades, respectivamente. Para os materiais relacionados à produção, os custos devem ser separados entre a produção do ^{18}F , a síntese e o fracionamento. Para isto, a equipe de produção do Cinrad realizou esta divisão, com base na porcentagem que cada item é utilizado para cada atividade durante a produção, apresentado na tabela 14.

Tabela 14 - Separação dos materiais para produção
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Materiais	Valor Total	Produção	Síntese	Fracionamento
Álcool 70% (fr. 250 ml)	R\$ 2,20		50%	50%
Álcool isopropílico estéril 70% (fr. 250 ml)	R\$ 117,81		50%	50%
Frasco Theodorico 15ml	R\$ 98,27			100%
Lacre de Aluminio	R\$ 5,01			100%
Água enriquecida	R\$ 408,41	100%		
Cassete para FDG	R\$ 1.068,14		100%	
Soro Fisiológico 0,9% (fr.100ml)	R\$ 1,67			100%
Frasco Estéril 50ml (Bulk)	R\$ 2,20			100%
Equipo (Theodorico)	R\$ 26,86			100%
Equipo Perfurare (Theodorico)	R\$ 26,86			100%
Pano Sontara	R\$ 21,99		50%	50%
Placas de TSA (Petri)	R\$ 13,34		50%	50%
Placas de Petri/semana	R\$ 1,85		50%	50%
Placas Rodac	R\$ 11,78		50%	50%
Placas Rodac/semana	R\$ 1,96		50%	50%
Swab	R\$ 18,47			100%
Agulha Raqui Spinal Unisis Estéril 20Gx90mm	R\$ 6,28			100%
Gases	R\$ 113,88	100%		
Luva estéril	R\$ 12,63		50%	50%
Luva de procedimento	R\$ 2,07		50%	50%
Filtro 0,22 micrometros	R\$ 3,14			100%
Seringa tuberculina 1 mL	R\$ 0,22			100%
Etiquetas (rolo)	R\$ 56,55			100%

Deste modo, o custo por produção e por lote calculado está representado na Tabela 15. As outras atividades não incorrem em nenhum custo de material relevante.

Tabela 15 - Custo de materiais por atividade
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividade	Custo/Produção	Custo/Dose
Compra de insumos	R\$ -	R\$ -
Produção do ¹⁸ F	R\$ 522,29	R\$ 13,60
Síntese	R\$ 1.160,96	R\$ 30,23
Fracionamento	R\$ 338,36	R\$ 8,81
Controle de Qualidade	R\$ 581,83	R\$ 15,15
Embalagem/Expedição	R\$ -	R\$ -
Análise da Matéria-Prima	R\$ 56,82	R\$ 1,48
Controle de Estoque	R\$ -	R\$ -
Programação da produção	R\$ -	R\$ -

Espaço físico

Os custos de depreciação e manutenção predial serão divididos entre as atividades utilizando como direcionador de custo a porcentagem de espaço ocupado por cada atividade. A Tabela 16 apresenta as atividades que ocorrem em cada sala. No caso de duas atividades ocorrerem no mesmo local, elas serão divididas pelo tempo que cada atividade utiliza da sala, situação que ocorreu na alocação de espaço dos laboratórios de controle de qualidade e de síntese/fracionamento.

Algumas áreas, a oficina e o laboratório para pesquisa, atualmente não são utilizados e o seu uso futuro terá apenas objetivos acadêmicos e, portanto, não serão alocados como custo para atividades. Já a recepção e sala de administração têm o seu uso principal para tarefas administrativas, que também são despesas a serem desconsideradas da análise de custos.

A área mecânica contém os equipamentos responsáveis pelo ar condicionado da área limpa e sua alocação será feita entre as quatro atividades que ocorrem na área limpa (produção, síntese, fracionamento e controle da qualidade). Metade da área de despejo de lixo é utilizada para dejetos normais e a outra metade para dejetos que requerem cuidado especial (produtos químicos ou contaminados por radioatividade), e os custos serão divididos também entre o espaço da área limpa e o da área normal. O mesmo raciocínio será aplicado às áreas de movimentação (cuja maior parte são os corredores).

Sempre que for necessário realizar o rateio, o critério será a própria porcentagem que cada atividade ocupa do espaço total de área limpa ou normal, dependendo do caso. Desta

maneira, se a atividade de controle de qualidade ocupa 11% da área limpa, ela receberá 11% do custo do espaço da área mecânica, mantendo o percentual em relação à área analisada.

Quadro 16 - Atividades por local

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Local	Atividade
Recepção	Administração (70%), Compras (30%)
Administração	Administração (95%), Programação da produção (5%)
Vestiários	Áreas Comuns
Expedição	Embalagem/Expedição
Almoxarifado	Controle de Estoque
Laboratório de Controle Qualidade	Controle de Qualidade (94%), Análise da MP (6%)
Laboratório de Síntese/Fracionamento	Síntese (50%), Fracionamento (50%)
Sala do Cíclotron	Produção do ¹⁸ F
Sala de controle	Produção do ¹⁸ F
Área técnica	Produção do ¹⁸ F
Área do Chiller (controle de temperatura)	Produção do ¹⁸ F
Oficina	Área não utilizada
Laboratório de pesquisa	Área não utilizada
Área Mecânica	Rateio pelo espaço de cada área da área limpa
Área de despejo de lixo	Área limpa (50% - rateio), Área normal (50% - rateio)
Áreas de movimentação (corredor, elevador, etc)	Área limpa (65% - rateio), Área normal (35% - rateio)

Com esta divisão, o custo total de cada atividade é apresentado na tabela 17, com os gastos por ano e por dose.

Tabela 17 - Custo de espaço físico por atividade

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	% Espaço	Depreciação Predial	Manutenção Predial	Total/Ano	Total/Dose
Compra de insumos	2,48%	R\$ 6.292,64	R\$ 14.826,67	R\$ 21.119,31	R\$ 0,95
Produção do ^{18}F	40,74%	R\$ 103.467,81	R\$ 243.790,29	R\$ 347.258,10	R\$ 15,70
Síntese	5,23%	R\$ 13.281,46	R\$ 31.293,71	R\$ 44.575,17	R\$ 2,02
Fracionamento	5,23%	R\$ 13.281,46	R\$ 31.293,71	R\$ 44.575,17	R\$ 2,02
Controle de Qualidade	7,05%	R\$ 17.899,78	R\$ 42.175,36	R\$ 60.075,14	R\$ 2,72
Embalagem/Expedição	5,11%	R\$ 12.983,77	R\$ 30.592,28	R\$ 43.576,05	R\$ 1,97
Análise da Matéria-Prima	0,45%	R\$ 1.142,54	R\$ 2.692,04	R\$ 3.834,58	R\$ 0,17
Controle de Estoque	7,52%	R\$ 19.109,72	R\$ 45.026,22	R\$ 64.135,94	R\$ 2,90
Programação da produção	0,37%	R\$ 944,29	R\$ 2.224,92	R\$ 3.169,21	R\$ 0,14
Despesas (Adm,AC,NU)	25,83%	R\$ 65.596,53	R\$ 154.558,19	R\$ 220.154,73	R\$ 9,95
TOTAL	100,00%	R\$ 254.000,00	R\$ 598.473,40	R\$ 852.473,40	R\$ 38,54

Todos os gastos relacionados a atividades administrativas, as áreas comuns e áreas não utilizadas foram agregadas como despesas.

Equipamentos

Os equipamentos apresentam maior dificuldade de identificação dos custos para cada atividade. Os dados, obtidos do contrato de fornecimento de todos os equipamentos pelo Cinrad com um distribuidor, são divididos em:

- Cíclotron: alocado diretamente a atividade de produção do ^{18}F .
- Síntese: alocado diretamente a atividade de síntese.
- Treinamento: será rastreado para cada atividade utilizando como direcionador de custos o tempo, em dias, do treinamento para cada atividade.
- Restante: alocação direta quando for possível, senão rateio baseado no artigo de Krug et al. (2008).

Tabela 18 - Dias de treinamento por atividade
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Área	Treinamento (dias)	% Total
Produção do ¹⁸ F	19	31,7%
Síntese	15	25,0%
Fracionamento	4	6,7%
Controle de Qualidade	21	35,0%
Análise da Matéria-Prima	1	1,7%
TOTAL	60	100,0%

Os equipamentos diversos servem a diferentes atividades, incluindo síntese, fracionamento, controle de qualidade, embalagem/expedição, proteção radiológica e análise da matéria-prima. Dentro destes equipamentos, foi possível, através do artigo Krug et al. (2008) e uma consulta junto a fornecedores de produtos para esta área, definir o preço de alguns artigos essenciais.

- *Hot Cell*: é uma caixa de metal, com vários parâmetros de segurança para se lidar com materiais radioativos. Os módulos que realizam a síntese e fracionamento são operados dentro de uma *Hot Cell*. O valor de consenso dela por fornecedores foi de R\$ 177.161,25. O Cinrad tem cinco desses equipamentos, dois são utilizados para a síntese, um para o fracionamento e os outros dois não estão sendo utilizados (com objetivo de servirem a atividades de pesquisa).
- Dispensador automático: equipamento que realiza o fracionamento. O preço de consenso foi R\$ 430.745,00.
- Capela química: também utilizada no fracionamento, com preço de consenso de R\$ 28.345,80.

Os dados apresentados são suficientes para cobrir os equipamentos utilizados pela produção de ¹⁸F, síntese e fracionamento. Para o valor restante dos equipamentos diversos, será utilizada a mesma proporção que o preço de consenso alcançado por Krug et al. (2008) durante sua análise de custos neste tipo de produção na Europa.

Tabela 19 - Proporção de custos de equipamentos.

Fonte: baseado em Krug et al (2008)

Atividade	% Custos
Controle de Qualidade	68,88%
Embalagem/Expedição	25,76%
Proteção Radiologica	5,36%
TOTAL	100,00%

Desta forma, o custo de substituição de equipamento para cada atividade é apresentado na tabela 20. As atividades que não usam equipamentos são desconsideradas. As duas *Hot Cells* que não estão sendo utilizadas serão consideradas como despesa.

Tabela 20 - Custo de substituição de equipamentos por atividade

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Área	Custo direto	Treinamento	Equipamentos Identificados	Rateio	TOTAL
Produção do 18F	R\$ 4.241.150,08	R\$ 119.380,52	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.360.530,60
Síntese	R\$ 816.814,09	R\$ 94.247,78	R\$ 556.568,48	R\$ -	R\$ 1.467.630,35
Fracionamento	R\$ -	R\$ 25.132,74	R\$ 999.422,38	R\$ -	R\$ 1.024.555,12
Controle de Qualidade	R\$ -	R\$ 131.946,89	R\$ -	R\$ 2.240.802,37	R\$ 2.372.749,26
Embalagem/Expedição	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 891.385,52	R\$ 891.385,52
Análise da Matéria-Prima	R\$ -	R\$ 6.283,19	R\$ -	R\$ 143.029,94	R\$ 149.313,12
Proteção Radiologica	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 185.408,19	R\$ 185.408,19
Despesas (2 Hot Cells)	R\$ -	R\$ -	R\$ 556.568,48	R\$ -	R\$ 556.568,48
TOTAL	R\$ 5.057.964,17	R\$ 376.991,12	R\$ 2.112.559,35	R\$ 3.460.626,02	R\$ 11.008.140,66

O custo total relativo aos equipamentos (depreciação, manutenção e qualificação) para cada atividade é representado na Tabela 21. No custo com qualificação foram acrescentados o contrato de terceirização de manutenção de aparelhos devido aos defeitos relacionados com a proteção radiológica.

Tabela 21 - Custo com equipamentos pelas atividades relevantes
Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Área	Custo de substituição	Anos (Depreciação)	Depreciação	% Total	Manutenção (consumíveis)	Manutenção (Contrato)	Qualificação	Total	Total com rateio	
Produção do ^{18}F	R\$ 4.360.530,60	20	R\$ 218.026,53	24,7%	R\$ 245.044,23	R\$ 314.159,27	R\$ 168.503,86	R\$ 945.733,88	R\$ 990.184,29	
Síntese	R\$ 1.467.630,35	10	R\$ 146.763,04	16,6%	R\$ 81.843,28	R\$ 31.415,93	R\$ 113.427,20	R\$ 373.449,44	R\$ 379.155,24	
Fracionamento	R\$ 1.024.555,12	10	R\$ 102.455,51	11,6%	R\$ 57.134,93	R\$ 43.496,59	R\$ 79.183,71	R\$ 282.270,74	R\$ 287.976,53	
Controle de Qualidade	R\$ 2.372.749,26	10	R\$ 237.274,93	26,9%	R\$ 132.317,78	R\$ 100.732,98	R\$ 183.380,16	R\$ 653.705,85	R\$ 661.395,71	
Embalagem/Expedição	R\$ 891.385,52	10	R\$ 89.138,55	10,1%	R\$ 49.708,64	R\$ 37.842,99	R\$ 68.891,57	R\$ 245.581,76	R\$ 251.159,66	
Análise da Matéria-Prima	R\$ 149.313,12	10	R\$ 14.931,31	1,7%	R\$ 8.326,54	R\$ 6.338,96	R\$ 11.539,81	R\$ 41.136,61	R\$ 41.627,45	
Proteção Radiológica	R\$ 185.408,19	10	R\$ 18.540,82	2,1%	R\$ 10.339,40	R\$ 7.871,34	R\$ 32.869,05	R\$ 69.620,61	Ratear pelo espaço	
Despesas (2 Hot Cells)	R\$ 556.568,48	10	R\$ 55.656,85	6,3%	R\$ 31.037,37	R\$ 23.628,63	R\$ 43.014,92	R\$ 153.337,77	R\$ 153.337,77	
			TOTAL	R\$ 882.787,54	100%	R\$ 615.752,16	R\$ 565.486,68	R\$ 700.810,28	R\$ 2.764.836,65	R\$ 2.764.836,65

Os valores relativos aos materiais consumíveis pela manutenção (exceto para a produção de ^{18}F), do contrato de manutenção (retirando a produção de ^{18}F e síntese, que têm valores já separados e podem ser alocados diretamente) e da qualificação foram rateados pela própria porcentagem que a depreciação que cada atividade influencia no valor total. Para a proteção radiológica, foi feito o rastreamento utilizando como direcionador de custos a porcentagem do espaço que cada atividade dentro da área limpa ocupa, pois grande parte do trabalho da proteção radiológica está em verificar o nível de radioatividade em cada local, tornando o espaço ocupado pela atividade uma métrica adequada para a alocação dos custos.

Considerando todas as atividades analisadas, o custo total e por dose relacionados aos equipamentos estão expostos na Tabela 22.

Tabela 22 - Custo de equipamentos por atividade
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividade	Custo/Ano	Custo/Dose	%
Compra de insumos	R\$ -	R\$ -	0%
Produção do ¹⁸ F	R\$ 990.184,29	R\$ 44,77	36%
Síntese	R\$ 379.155,24	R\$ 17,14	14%
Fracionamento	R\$ 287.976,53	R\$ 13,02	10%
Controle de Qualidade	R\$ 661.395,71	R\$ 29,90	24%
Embalagem/Expedição	R\$ 251.159,66	R\$ 11,36	9%
Análise da Matéria-Prima	R\$ 41.627,45	R\$ 1,88	2%
Controle de Estoque	R\$ -	R\$ -	0%
Programação da produção	R\$ -	R\$ -	0%
Despesas (2 Hot Cells)	R\$ 153.337,77	R\$ 6,93	6%
TOTAL	R\$ 2.764.836,65	R\$ 125,00	100%

Mão-de-obra

O direcionador de custo para alocar os gastos com os funcionários (salários mais encargos) será o tempo que cada funcionário utiliza para cada atividade. Estas informações foram obtidas através de entrevistas com todos os funcionários do Cinrad e, para garantir a consistência dos dados, uma entrevista com o coordenador técnico.

Dentro da rotina de todos os trabalhadores da organização está o preenchimento de documentos requeridos pelas diretrizes e normas da Anvisa. Esta tarefa de documentação será atribuída à cada atividade para qual a documentação é necessária. Entretanto, muitas atividades desenvolvidas pelos funcionários não estão ligadas ao processo produtivo estão tarefas administrativas, que deverão ser contabilizadas como despesas e não entrarão na análise de custos. Entre estas tarefas administrativas, pode-se destacar a elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), atendimento a visitantes, administração de contas, entre outras.

Tabela 23 - Divisão de tempo por atividade por funcionário

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Cargo	Total com encargos (100%)	Atividades
Gerente Administrativo	R\$ 36.703,57	Administração
Coordenador Técnico	R\$ 34.955,78	Programação da produção (20%), Administração (80%)
Farmacêutico júnior 1	R\$ 16.499,69	Administração
Farmacêutico júnior 2	R\$ 16.499,69	Síntese(40%), Fracionamento(40%), Administração (20%)
Físico sênior	R\$ 29.041,99	Produção do 18F (65%), proteção radiológica (35%)
Físico junior	R\$ 10.807,02	Produção do 18F (60%), proteção radiológica (40%)
Engenheiro	R\$ 22.548,36	Manutenção(85%),Administração(15%)
Químico 1	R\$ 5.740,37	Controle de Qualidade (71%), Análise MP (6%), Administração (23%)
Químico 2	R\$ 5.740,37	Controle de Qualidade (71%), Análise MP (6%), Administração (23%)
Químico 3	R\$ 5.740,37	Síntese(40%), Fracionamento(40%), Administração (20%)
Técnico de saúde 1	R\$ 8.167,86	Embalagem/Expedição(5%), Manutenção(80%),Administração(15%)
Técnico de saúde 2	R\$ 8.167,86	Embalagem/Expedição(5%), Manutenção(80%),Administração(15%)
Auxiliar Contábil 1	R\$ 3.894,10	Compra de Insumos(30%), Controle de Estoque (10%), Administração (60%)
Auxiliar Contábil 2	R\$ 3.894,10	Controle de Estoque(93%), Embalagem/Expedição(7%)

Existem alguns fatores importantes que devem ser destacados nesta análise:

- O gerente administrativo, apesar de ter todo o seu custo atribuído ao Cinrad, apenas realiza algumas tarefas administrativas e coordena outros grupos do Inrad.
- O farmacêutico júnior 1 faz parte da equipe de controle da qualidade, mas realiza apenas tarefas administrativas, como elaboração dos POPs da área, contato com clientes, entre outras.
- O custo da atividade de proteção radiológica, realizada pelos físicos responsáveis pela operação do Cíclotron, será repassado às outras atividades utilizando como direcionador de custos o espaço que cada atividade ocupa da área limpa (como feito aos equipamentos).
- A atividade de manutenção é realizada pelos dois técnicos de saúde e pelo engenheiro. O custo desta atividade será realocado para as outras atividades tendo como direcionador de custo a porcentagem de custo relacionados à manutenção apresentados na tabela 22.

Tabela 24 - Custo de mão-de-obra por atividade
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	Total/Mês	Total/Dose
Compra de insumos	R\$ 1.168,23	R\$ 0,63
Produção do ¹⁸ F	R\$ 46.833,49	R\$ 25,41
Síntese	R\$ 14.763,40	R\$ 8,01
Fracionamento	R\$ 13.637,95	R\$ 7,40
Controle de Qualidade	R\$ 17.915,36	R\$ 9,72
Embalagem/Expedição	R\$ 5.350,25	R\$ 2,90
Análise da Matéria-Prima	R\$ 1.304,81	R\$ 0,71
Controle de Estoque	R\$ 4.010,92	R\$ 2,18
Programação da produção	R\$ 6.991,16	R\$ 3,79
Despesas	R\$ 96.425,53	R\$ 52,31
TOTAL	R\$ 208.401,09	R\$ 113,06

Utilidades

De acordo com a organização, o principal componente do gasto com energia elétrica é o uso do ar condicionado. Como toda a instalação utiliza ar condicionado (tanto central, quanto na área limpa, quanto de aparelho no restante do local), o direcionador de custo será o espaço ocupado por cada atividade. Este critério também será utilizado para os gastos com água.

Tabela 25 - Custo de energia e água por atividade
 Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	Espaço	Energia	Água	Total/Mês	Total/Dose
Compra de insumos	2,48%	R\$ 1.276,55	R\$ 185,15	R\$ 1.461,71	R\$ 0,79
Produção do 18F	40,74%	R\$ 20.989,96	R\$ 3.044,43	R\$ 24.034,39	R\$ 13,04
Síntese	5,23%	R\$ 2.694,34	R\$ 390,79	R\$ 3.085,13	R\$ 1,67
Fracionamento	5,23%	R\$ 2.694,34	R\$ 390,79	R\$ 3.085,13	R\$ 1,67
Controle de Qualidade	7,05%	R\$ 3.631,23	R\$ 526,68	R\$ 4.157,91	R\$ 2,26
Embalagem/Expedição	5,11%	R\$ 2.633,95	R\$ 382,03	R\$ 3.015,98	R\$ 1,64
Análise da Matéria-Prima	0,45%	R\$ 231,78	R\$ 33,62	R\$ 265,40	R\$ 0,14
Controle de Estoque	7,52%	R\$ 3.876,69	R\$ 562,28	R\$ 4.438,97	R\$ 2,41
Programação da produção	0,37%	R\$ 191,56	R\$ 27,78	R\$ 219,35	R\$ 0,12
Despesas	25,83%	R\$ 13.307,21	R\$ 1.930,11	R\$ 15.237,32	R\$ 8,27
TOTAL	100,00%	R\$ 51.527,61	R\$ 7.473,69	R\$ 59.001,29	R\$ 32,01

Em relação ao gás, como o seu uso é quase todo realizado na produção, ele será repassado para as atividades que utilizam este recurso: produção de ¹⁸F, síntese, fracionamento, controle da qualidade e análise da matéria-prima, utilizando como direcionador de custo o tempo estimado de uso dos equipamentos (horas-máquina) para cada atividade.

Tabela 26 - Custos com gás por atividade

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	Horas-máquina (dia)	% Horas-máquina	Total/Mês	Total/Dose
Compra de insumos	-	-	R\$ -	R\$ -
Produção do 18F	5,00	50%	R\$ 1.727,88	R\$ 0,94
Síntese	1,00	10%	R\$ 345,58	R\$ 0,19
Fracionamento	1,75	18%	R\$ 604,76	R\$ 0,33
Controle de Qualidade	2,00	20%	R\$ 691,15	R\$ 0,37
Embalagem/Expedição	-	-	R\$ -	R\$ -
Análise da Matéria-Prima	0,25	3%	R\$ 86,39	R\$ 0,05
Controle de Estoque	-	-	R\$ -	R\$ -
Programação da produção	-	-	R\$ -	R\$ -
TOTAL	10,00	100%	R\$ 3.455,75	R\$ 1,87

4.2.6. Análise dos resultados

O impacto de cada atividade e categoria de custo na produção do ¹⁸F-FDG é apresentada na Tabela 27.

Tabela 27 - Alocação dos custos por atividade

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	Materiais	Espaço Físico	Equipamento	Mão-de-obra	Utilidades	Total	% Total
Compra de insumos	R\$ -	R\$ 0,95	R\$ -	R\$ 0,63	R\$ 0,79	R\$ 2,38	0,8%
Produção do 18F	R\$ 13,60	R\$ 15,70	R\$ 44,77	R\$ 25,41	R\$ 13,98	R\$ 113,45	37,5%
Síntese	R\$ 30,23	R\$ 2,02	R\$ 17,14	R\$ 8,01	R\$ 1,86	R\$ 59,26	19,6%
Fracionamento	R\$ 8,81	R\$ 2,02	R\$ 13,02	R\$ 7,40	R\$ 2,00	R\$ 33,25	11,0%
Controle de Qualidade	R\$ 15,15	R\$ 2,72	R\$ 29,90	R\$ 9,72	R\$ 2,63	R\$ 60,12	19,9%
Embalagem/Expedição	R\$ -	R\$ 1,97	R\$ 11,36	R\$ 2,90	R\$ 1,64	R\$ 17,86	5,9%
Análise da Matéria-Prima	R\$ 1,48	R\$ 0,17	R\$ 1,88	R\$ 0,71	R\$ 0,19	R\$ 4,43	1,5%
Controle de Estoque	R\$ -	R\$ 2,90	R\$ -	R\$ 2,18	R\$ 2,41	R\$ 7,48	2,5%
Programação da produção	R\$ -	R\$ 0,14	R\$ -	R\$ 3,79	R\$ 0,12	R\$ 4,06	1,3%
Total	R\$ 69,28	R\$ 28,59	R\$ 118,07	R\$ 60,75	R\$ 25,62	R\$ 302,30	100,0%
% Total	22,9%	9,5%	39,1%	20,1%	8,5%		

A aplicação do custeio baseado em atividades no Cinrad mostra que a produção do ¹⁸F é a atividade com maior peso dentro dos custos de produção. Este resultado apresenta consistência com o esperado, pois esta atividade é a base de todo o processo de produção do

¹⁸F-FDG. Com exceção dos materiais, ela é a atividade com o maior custo nas categorias apresentadas, principalmente em relação aos equipamentos.

As outras atividades dentro da rotina de produção, síntese, fracionamento, controle de qualidade e embalagem/expedição representam 56,4% dos custos de produção. A importância do custo de controle de qualidade na produção denota a necessidade crescente desta atividade na produção de radiofármacos, devido à regulação por parte de entidades governamentais e também pela preocupação de clientes para evitar que o paciente seja prejudicado por um produto defeituoso. Como era esperado, as atividades que não estão ligadas diretamente com a rotina de produção têm menor peso dentro do custo do processo produtivo, com apenas 6,1% do total.

Tabela 28 - Despesas por dose

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Despesas	Valor
Materiais	R\$ 11,32
Espaço Físico	R\$ 9,95
Equipamento	R\$ 6,93
Mão-de-obra	R\$ 52,31
Energia,água e Gás	R\$ 8,27
Terceirização	R\$ 2,20
Outras	R\$ 16,39
TOTAL	R\$ 107,38

Acrescentando as despesas ao custo, chega-se ao resultado de que 21,3% do total dos gastos não estão associados às atividades produtivas, mas sim, na maior parte, com as tarefas administrativas. O principal fator destas despesas é o gasto com mão-de-obra, já que os funcionários com maior pagamento cuidam de tarefas mais administrativas.

Tabela 29 - Gasto total por dose no Cinrad

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado na coleta de dados no Cinrad

Atividades	Total	% Total
Compra de insumos	R\$ 2,38	0,6%
Produção do ¹⁸ F	R\$ 113,45	27,7%
Síntese	R\$ 59,26	14,5%
Fracionamento	R\$ 33,25	8,1%
Controle de Qualidade	R\$ 60,12	14,7%
Embalagem/Expedição	R\$ 17,86	4,4%
Análise da Matéria-Prima	R\$ 4,43	1,1%
Controle de Estoque	R\$ 7,48	1,8%
Programação da produção	R\$ 4,06	1,0%
Despesas	R\$ 107,38	26,2%
Total	R\$ 409,68	100%

A comparação dos resultados obtidos com os apresentados por Krug et al. (2008) mostra que a separação de gastos entre as atividades do Cinrad apresenta divergências com a pesquisa européia realizada por estes autores. A maior diferença pode ser notada no custo da produção do ¹⁸F, na qual os gastos do Cinrad são bem inferiores ao apresentado na literatura, e também no custo da qualidade. Por outro lado, o Cinrad apresenta maiores custos nas atividades de síntese, fracionamento e embalagem/expedição. As despesas administrativas, apesar de também serem maiores na unidade analisada, estão próximas do alcançado na pesquisa de Krug et al. (2008).

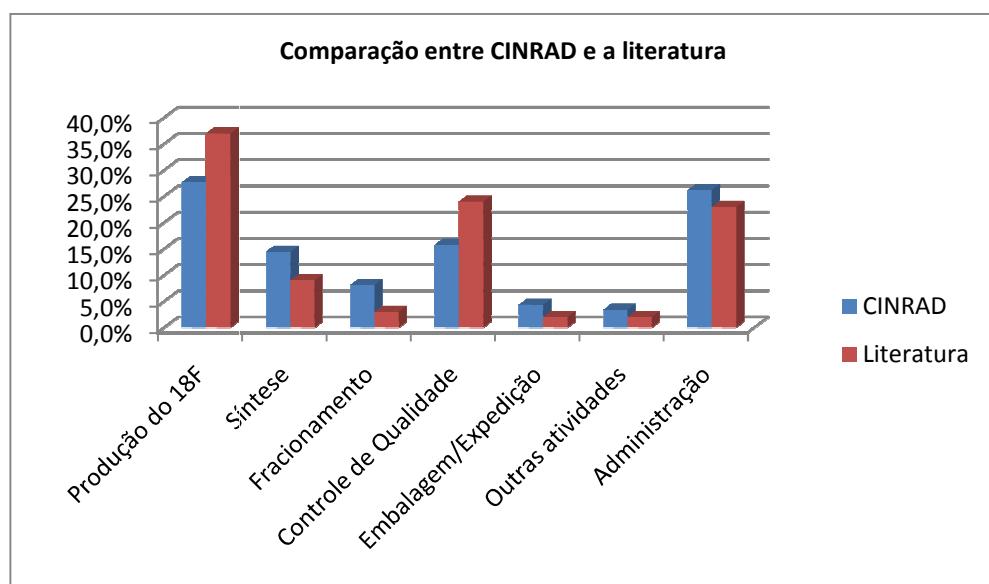


Figura 9 - Comparação de gastos entre Cinrad e a literatura

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.7. Precificação do produto

Os dados apresentados na Tabela 29 mostram que o preço do produto final (considerando que ele será vendido a preço de custo), deverá ser de R\$ 409,68 por dose para duas produções diárias, com aproveitamento de 80% da produção e 22.118 doses por ano. Krug et al. (2008) chegaram a um valor de 243 euros por dose, utilizando duas produções e um total de 15.840 doses por ano, equivalente hoje a R\$ 579,00, aproximadamente. Ajustando o modelo do Cinrad para este número de doses anuais, o custo seria de R\$ 574,99 por dose. Os resultados mostram que, nas mesmas condições, o custo operacional do Cinrad equivale ao custo da pesquisa de Krug et al. (2008). Analisando separadamente cada categoria de custo, nota-se que as instituições européias apresentam, em relação ao Cinrad:

- Gasto superior com mão-de-obra (aproximadamente 79% a mais).
- Gastos inferiores com materiais (60%) e equipamentos (31% a menos), pois grande parte dos equipamentos e vários insumos devem ser importados pelo Cinrad, aumentando muito o seu custo.
- Impostos sobre terra e outros tributos diversos que o Cinrad não necessita pagar, por estar associado a uma organização do setor público.
- Gastos superiores na Europa devido a taxas regulatórias e padrões de qualidade mais rígidos.

Análise de sensibilidade

O Cinrad é uma organização ainda em crescimento e com uma demanda forte por seu produto. Deste modo, foi elaborada uma análise de sensibilidade considerando dois fatores: número de produções diárias e aproveitamento médio das produções. Desta maneira, pode-se verificar o quanto estes dois itens afetam o preço por dose do produto final.

Para o aumento de produções diárias, foi considerado até quatro produções, sendo que para isso seria necessário realizar um aumento no quadro de funcionários.

- Dois físicos para operar o Cíclotron.
- Um funcionário para cada produção a mais para realizar a síntese e fracionamento.
- Um funcionário para cada produção a mais para realizar o controle de qualidade.
- Um funcionário para o controle de estoque.

- Um funcionário para a manutenção.

Para cada produção a mais, também será acrescentado 20% aos gastos com energia, água e gás.

Tabela 30 - Variação do custo da dose pelo aproveitamento e produções diárias

Fonte: Elaborado pelo autor

Produções por dia	Aproveitamento				
	60%	70%	80%	90%	100%
1 produção por dia	R\$ 953,62	R\$ 817,38	R\$ 715,21	R\$ 635,74	R\$ 572,17
2 produções por dia	R\$ 546,24	R\$ 468,21	R\$ 409,68	R\$ 468,21	R\$ 546,24
3 produções por dia	R\$ 422,75	R\$ 362,36	R\$ 317,06	R\$ 281,83	R\$ 253,65
4 produções por dia	R\$ 350,24	R\$ 300,20	R\$ 262,68	R\$ 233,49	R\$ 210,14

Através desta análise, pode-se notar uma grande diminuição no custo do produto com o aumento do número de produções diárias e no aproveitamento das doses. Isto ocorre pois a maior parte dos custos de produção são fixos e o aumento no número de doses produzidas dilui cada vez mais estes custos por dose.

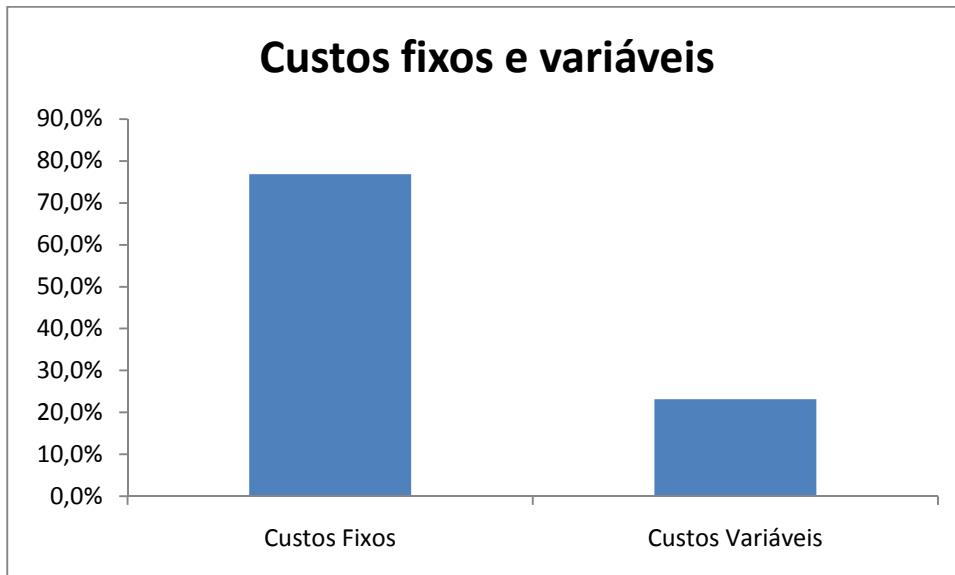


Figura 10 - Proporção entre custos fixos e variáveis no Cinrad

Fonte: Elaborado pelo autor

Os ganhos com o aumento do número de produções são mais acentuados na mudança de uma para duas produções (cerca de 75%), diminuindo para terceira (aproximadamente 29%) e para quarta (21%).

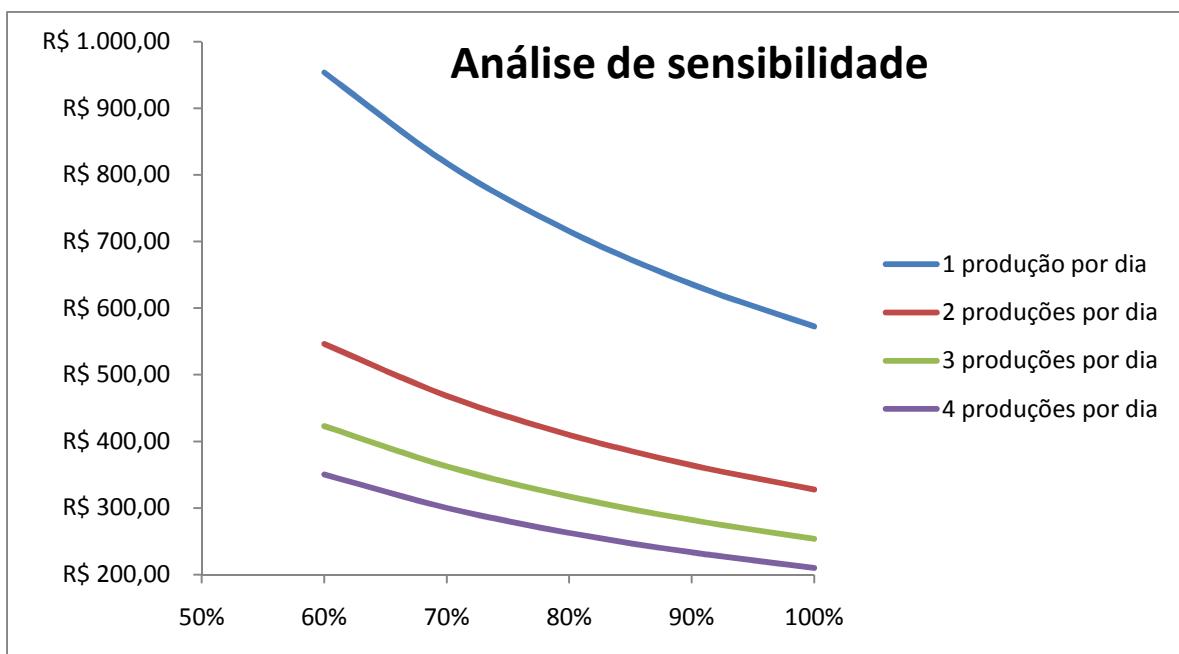


Figura 11 - Análise de sensibilidade em relação ao número de produções e aproveitamento
Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Cinrad é uma unidade que trabalha hoje com equipamentos e técnicas avançadas, com um produto final extremamente elaborado. Com pouco tempo de existência, já é hoje uma referência nacional para a produção de radiofármacos. Entretanto, ao seu ambiente organizacional muitas vezes ainda funciona mais como um laboratório de pesquisa do que como uma unidade de produção.

A administração da unidade busca hoje suprir este problema, contratando profissionais que consigam dar uma visão focada na produção e incentivando os aprimoramentos na rotina de trabalho. Tendo isso em foco, e com o objetivo do Cinrad de se sustentar financeiramente sem ajuda externa, torna-se cada vez mais necessário realizar uma análise mais detalhada da operação da unidade, e as técnicas da engenharia de produção estão entre as melhores ferramentas para realizar esta análise.

O objetivo deste trabalho é suprir algumas deficiências encontradas pela organização: a falta de um sistema de gerenciamento de estoque e de uma análise mais detalhada dos custos incorridos na operação desta unidade produtiva.

O sistema de controle de estoque projetado neste trabalho irá substituir as planilhas que o Cinrad utiliza atualmente, e a implantação dele dentro da organização ocorrerá durante o mês de Dezembro de 2010. A meta deste sistema não é apenas realizar um controle simples de quais itens estão disponíveis para uso. Ele foi montado para que sirva dois propósitos: uma diminuição nos custos relativos ao excesso de estoque, inclusive, itens que ultrapassam a data de validade, através do cálculo do ponto de pedido, lote econômico de pedido e monitoramento constante dos produtos em estoque; e fornecer mais uma ferramenta gerencial, agregando dados de consumo de itens e *lead time* de entrega de pedidos.

Os gerentes da produção ficaram muito satisfeitos com o formato e funcionamento do sistema e acreditam que o seu uso irá ajudar o Cinrad a alcançar os seus objetivos.

A análise de custos foca no objetivo, de maior prazo, de tornar a unidade mais eficiente e financeiramente autônoma do Inrad. Através deste estudo, os administradores terão uma visão mais clara dos custos do processo de produção e onde focar os esforços de melhoria. Além disso, a especificação correta do produto é fundamental para garantir a saúde financeira do Cinrad. Todos os cálculos realizados serão entregues aos administradores, junto com a planilha que, ao alterar os dados de entrada, fornece o resultado automaticamente, de modo

que eles poderão realizar os testes e ajustes necessários para ter os dados atualizados ao longo do tempo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos / Logística empresarial.** 5^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006

CHASE, R.B.; JACOBS, F.R.; AQUILANO, N.J. **Operation Management for Competitive Advantage with Global Cases**, 11th ed., McGraw-Hill/Irwin, 2006.

DATAR, S.; GUPTA,M. **Aggregation, Specification and Measurement Errors in Product Costing. The Accounting Review.** v.69, n.4, p.567-591, out., 1994.

EUROPEAN PHARMACOPEIA, 5^a Ed. **Council of Europe.** Estrasburgo: EDQM, 2005. p. 578

GULATI, R.; SMITH,R. **Maintenance and Reliability Best Practices.** 1^a ed., Industrial Press, 2009.

JOHNSON, H. T. **It's time to stop overselling Activity-Based concepts.** *Management Accounting*, p. 26-35, Set. 1992.

KAPLAN, R.S. **In defense of Activity-Based Cost management.** *Management Accounting*, p. 58-63, Nov. 1992.

KAPLAN, R.S. **One Cost System isn't enough.** *Harvard Business Review*, n. 1, p.61-66 , Jan., 1988.

KEPPLER, Jennifer; CONTI, Peter. **A Cost Analysis of Positron Emission Tomography.** *American Journal of Roentgenology*, v. 177, n. 1, p.31-40, Jul., 2001.

KHOURY, C.Y., ANCELEVICZ, J. **Acerca do sistema de custos ABC.** *ERA - Revista de Administração de Empresas*, v. 40, n.1, p.56-62, jan./mar., 2000.

KRUG, B.; ZANTEN, A.V.; PIRSON, A.S.; CROTT, R.; BORGHT, T.V. **Activity-based costing evaluation of [¹⁸F]-fludeoxyglucose production.** *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, v.35, n.1, p. 80-88, Jan. 2008.

LATSHAW, C. A.; CORTESE-DANILE, T. M. **Activity-based costing: Usage and pitfalls.** *Review of Business*, v. 23. n. 1, p.30-32 ,Jan., 2002.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos.** 9^a ed. São Paulo: Atlas, 2003.

OLIVEIRA, R.; SANTOS, D.; FERREIRA, D.; COELHO, P.; VEIGA, F. . **Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações.** *Rev. Bras. Cienc. Farm.*, São Paulo, v. 42, n. 2, Junho, 2006.

OLIVEIRA, R.S.; CARNEIRO-LEÃO, A.M.A. **Técnicas para aplicação de FDG-18 na clínica médica oncológica.** *Acta Scientiarum. Health Sciences*, v.27, n.2, p. 139-143, 2007.

REVISTA BRASIL NUCLEAR. Rio de Janeiro: Ed. **Associação Brasileira de Energia Nuclear**, n. 32, ano 13.

REVISTA BRASIL NUCLEAR. Rio de Janeiro: Ed. **Associação Brasileira de Energia Nuclear**, n. 33, ano 14.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, G.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 1^a ed. São Paulo: Atlas, 1997.