

Elaboração e Seleção de Layout de Laboratório de Farmacognosia na Universidade de Brasília por meio da Utilização dos Métodos SLP e AHP

Ana Carla Bittencourt Reis (Universidade de Brasília) anacarlabr@unb.br

Gabriela Garcia de Siqueira (Universidade de Brasília) gsiqueira.gabriela@gmail.com

Lívia Verdolin Bernardes (Universidade de Brasília) liviaverber@gmail.com

Lucas de Araújo Alves (Universidade de Brasília) lucasalves011294@gmail.com

Marcos Felipe Gabrig Ferreira (Universidade de Brasília) marcos.gabrig11@gmail.com

Resumo:

O ambiente universitário é composto por dezenas de laboratórios e a importância de uma montagem adequada pode refletir nos testes e ensaios realizados, tanto na qualidade dos resultados quanto na utilização dos recursos. Neste artigo é proposto um planejamento sistemático do arranjo físico em um laboratório de farmacognosia para aplicação de testes em fungos patogênicos e cultivo de fungos endofíticos com finalidade de pesquisas em uma universidade pública. Para a sistematização foram utilizados os métodos SLP (Systematic Layout Planning) e AHP (Analytic Hierarchy Process). Os procedimentos realizados nesse estudo resultaram em uma reafirmação do arranjo físico geral previamente estabelecido levantado como restrição do projeto, o desenvolvimento de alternativas do arranjo físico detalhado com o posicionamento dos equipamentos e por fim, com a utilização do método AHP para apoiar o processo decisório, definiu-se a melhor alternativa de layout. Ademais o artigo resalta a importância da definição de objetivos, critérios de seleção e aplicação de algoritmos para a construção da melhor alternativa de layout para o laboratório de farmacognosia em estudo.

Palavras chave: Layout, Análise Hierárquica Multicritérios, Laboratório, Fungos, Systematic Layout Planning.

Elaboration and Selection of a Pharmacognosy Laboratory Layout at the University of Brasília Utilizing the SLP and AHP Methods

Abstract

The university environment is composed of various laboratories and in which the setup process may reflect the tests and research executed, either the quality aspect or the resource utilization. The objective of this research is to demonstrate Systematic Layout Planning (SLP) Analytic Hierarchy Process (AHP) and applied in a pharmacognosy laboratory that performs pathogenic fungus test and cultivates endophyte fungus for research purposes in a public university in Brazil. The procedures followed in this study resulted in three major results. First, the general layout of the laboratory established beforehand was reaffirmed, therefore considered as a restriction of the project. Second, three detailed alternatives of layouts for both laboratories, pathogenic and endophytic, specifying the arrangement of each equipment. And third, to choose the best alternative, an Analytic Hierarchy Process (AHP) was used. Furthermore, the article demonstrates the importance of defining objectives, criteria and application of algorithm when constructing the best layout for the fungi laboratory in the study.

Key-words: Layout, Analytic Hierarchy Process, Laboratory, Fungus, Systematic Layout Planning.

1. Introdução

Os processos de trabalho realizado em laboratórios de farmacognosia são caracterizados por uma sequência de atividades que precisam de um arranjo físico que apoiem a eficiência, eficácia e qualidade. Com isso, vários estudos de pesquisa são realizados a fim de encontrar métodos sistemáticos para layouts na qual procuram otimizar os processos do ambiente. Especificamente, o objetivo do laboratório de farmacognosia estudado é gerar resultados para a sociedade e meio ambiente, como por exemplo, cura, prevenção e identificação de doenças humanas, estudos de degradação do meio ambiente, e identificação de perigos para o ecossistema. Atualmente, sabe-se que tais microrganismos podem produzir toxinas, antibióticos e outros fármacos, fatores de crescimento e muitos produtos de potencial interesse biotecnológico (AZEVEDO, 1998).

Neste artigo são revisados os conceitos de arranjo físico e processos produtivos assim como é realizada uma pesquisa sobre a metodologia de Planejamento Sistemático de Layout (SLP) para então guiar a execução e estudo do caso. Por fim, uma pesquisa relativa a análise hierárquica irá guiar a seleção das alternativas de layout elaboradas.

O estudo ocorre nas instalações da Faculdade de Saúde a qual busca facilitar para o desenvolvimento de pesquisas no ramo da farmacognosia, especificamente na manipulação de fungos patogênicos e endofíticos com fins de análises biológicas e toxicológicas. A ação deste projeto é a validação do arranjo físico geral do laboratório que contém cinco espaços: uma sala de estudos; uma sala dos professores; uma sala para almoxarifado; uma sala para o laboratório de fungos patogênicos e outra para o laboratório de fungos endofíticos. E, um arranjo físico detalhado apenas dos laboratórios endofíticos e patogênicos.

A intervenção realizada foi diagnosticada no momento em que o laboratório já estava com paredes erguidas. O problema encontrado foi que em um espaço extremamente limitado era necessário conseguir uma grande escala de experimentos que garantisse qualidade dos resultados. Com tal motivação foi necessário entender as normas de regularização referente aos procedimentos e espaços de um laboratório, níveis de segurança quanto aos materiais manuseados, procedimentos de limpeza, os processos em geral que tomariam lugar no laboratório e entre outros conceitos os quais estão desenvolvidos neste artigo.

2. Referencial Teórico

2.1 Layout

De acordo com Chiavenato (2005), o arranjo físico, ou ainda layout, de uma empresa ou de apenas departamento, nada mais é do que a distribuição física de máquinas e equipamentos dentro da organização. Através de cálculos e definições estabelecidas de acordo com o produto a ser fabricado, se organiza os mesmos para que o trabalho possa ser desenvolvido da melhor maneira possível e com o menor desperdício de tempo (CHIAVENATO, 2005).

Rawabdeh e Tahboub (2005) destacam que os fatores como o alto custo de capital, escassez de recursos, a busca pela rentabilidade e geração de riquezas são de extrema importância para que antes que sejam feitos, investimentos sejam exaustivamente avaliados de modo a minimizar os riscos relacionados a perdas financeiras e patrimoniais na implementação do novo arranjo físico. Um layout inicial correto é fundamental para a efetividade e eficiência operacional de uma empresa (URBAN, 1989).

O volume e a variedade de produtos representam importantes fatores para compreender os diferentes tipos de processos em operação de manufatura, (SLACK et. al., 2002).

De acordo com Carlos *et al.* (2013), existem quatro formas de dispor o layout:

- a) Arranjo linear: as máquinas e estações de trabalho são posicionados de acordo com a ordem do processo de montagem dos produtos;
- b) Arranjo funcional: agrupa na mesma área, processos e equipamentos do mesmo tipo e função, fazendo com que os produtos se desloquem no momento em que sejam necessários;
- c) Arranjo celular: combina as vantagens encontradas nos arranjos funcional e linear, ou seja, máquinas e processos em um só local (célula) onde se pode fabricar completamente o produto;
- d) Arranjo posicional: o produto permanece estático enquanto que máquinas e operadores movimentam ao seu redor realizando as operações necessárias para a sua fabricação.

2.1.1 Planejamento Sistemático do Layout

O Planejamento Sistemático de Layout (SLP) é uma metodologia que busca a sistematização de projetos de arranjo físico, através de uma estruturação de fases de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidos no planejamento.

Segundo Muther (1978), o SLP tem seu planejamento rateado em quatro fases, são elas:

- a) Fase I: Localização - determina a localização da área que será realizado o planejamento das instalações. É preciso avaliar se a nova proposta será implantada no mesmo prédio, numa área utilizada para armazenagem, mas que pode ser liberada, ou até mesmo se irá adquirir um prédio novo;
- b) Fase II: Arranjo físico geral - é estabelecido a posição relativa entre diversas áreas. Os modelos de fluxos e áreas são trabalhados em conjunto de forma que as inter-relações e a configuração geral da área sejam estabelecidas;
- c) Fase III: Arranjo físico detalhado - envolve a localização de cada máquina e equipamento. É estabelecida a localização de cada uma das características físicas da área, incluindo suprimentos e serviços;
- d) Fase IV: Implantação – é feito passo a passo do planejamento da implantação, trata-se da apropriação de capital e é feita a movimentação de máquinas, equipamentos e recursos para que todos sejam instalados como planejados.

Dentro das fases II e III, que constituem o projeto de arranjo físico propriamente dito, há ainda um modelo de procedimentos a ser seguido, apresentado na Figura 1.

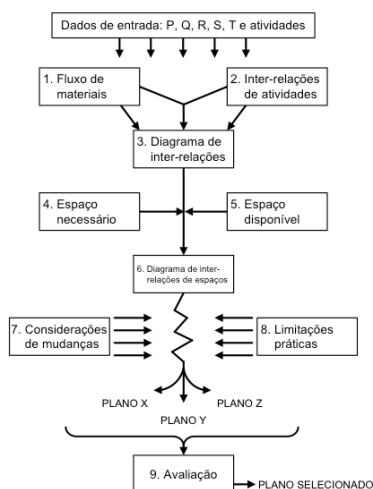


Figura 1- Modelo de Procedimento (Fonte: MUTHER, 1978)

Em qualquer planejamento de layout, todos os detalhes relacionados com os processos produtivos e fluxo de materiais devem ser obtidos anteriormente (WILDE, 1996). Nesse modelo, iniciam-se as fases, por meio da análise das informações sobre produto, quantidade, roteiro (processos e equipamentos), serviços de suporte, tempo e atividades.

A partir desses dados, têm-se então o fluxo de materiais e as inter-relações de atividades, o que permite o desenvolvimento do diagrama de inter-relações para levantar a proximidade entre os elementos.

Em seguida, existem os requerimentos de espaço, obtidos por meio das especificações do maquinário e equipamentos utilizados na produção. Esses requerimentos devem ser balanceados com a disponibilidade de espaço. Ao integrar o resultado desse balanceamento obtém-se o diagrama de inter-relações entre espaços representado inicialmente em um layout de blocos (TOMPKINS et al., 1996). As restrições adicionais de projeto e limitações práticas são consideradas antes do início do desenvolvimento do layout de blocos (YANG et al., 2000)

Com o ajuste e a integração do diagrama de inter-relação entre espaços conforme as considerações de mudança, surgem diversos planos que serão testados e examinados por um processo de avaliação que deve considerar se os critérios de projeto foram satisfeitos (KERNS, 1999). Chega-se então a uma alternativa única de arranjo físico selecionado.

Com o fim da fase II finalizada, inicia-se então a fase III, na qual é utilizado o mesmo modelo de procedimentos, mas ao invés de considerar o fluxo global dos materiais e as inter-relações entre as atividades, considera-se a movimentação dos materiais e as inter-relações internas a cada uma das áreas departamentais. Portanto, nela será elaborado um arranjo detalhado para cada uma das áreas departamentais assinaladas no arranjo geral.

2.1.2 Processo de Análise Hierárquica

Segundo Morais e Almeida (2002), algumas técnicas multicritério poderiam ser utilizadas na análise de layouts alternativos, tais como os modelos aditivos, que geram um critério único de síntese, como o AHP e MAUT, e os métodos de subordinação, como o Electre e o Promethee.

O método AHP (i) apresenta um processo de decisão estruturado que pode ser documentado e repetido; (ii) é aplicável a situações que envolvem julgamentos subjetivos; (iii) utiliza tanto dados quantitativos quanto qualitativos; (iv) provê medidas de consistência das preferências; (v) há uma ampla documentação sobre suas aplicações práticas na literatura e (vi) seu uso é apropriado para grupos de decisão (STEIGUER et al., 2005).

A AHP foi desenvolvida por Tomas L. Saaty no início da década de 70 e é um método para apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios. Busca tratar a complexidade com a decomposição e divisão do problema em fatores, que podem ainda ser decompostos até os níveis mais baixos, claros e dimensionáveis estabelecendo relações para que se possa sintetizar.

O processo de avaliação se inicia na construção das hierarquias refletindo as relações entre os critérios de decisão e as alternativas. No primeiro nível da hierarquia é colocado o objetivo principal do problema, o segundo nível os critérios, o terceiro os subcritérios e por fim as alternativas. A ordenação hierárquica possibilita aos tomadores de decisão a visualizar as interações dos componentes entre si e os impactos que estes podem exercer sobre o sistema (SAATY e VARGAS 1987).

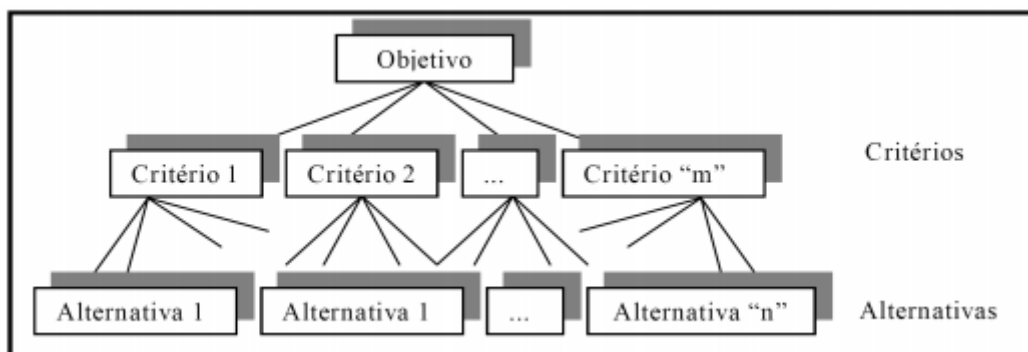


Figura 2 - Método AHP (Fonte: MARINS, SOUZA E BARROS, 2009)

O segundo passo é comparar os elementos de um mesmo nível par a par com os elementos do nível superior adjacente segundo a Escala Fundamental Saaty.

Após realizadas as matrizes de comparação, deve-se calcular os autovetores conhecidos por Vetor Eigen que é a média aritmética das linhas da matriz. É necessário testar a consistência das avaliações por meio do Índice de Consistência (IC), sendo este calculado com base no Vetor de Eigen.

Por último, para conferir se o IC está devidamente correto, é calculado a Taxa de Consistência (CR). Para que uma matriz seja consistente, o valor da divisão proposto por Saaty (1980) e justificado por Vargas (1982) deve ser menor que dez por cento. A formulação completa do método está disponível no trabalho The Analytic Hierarchy Process (SAATY, 1980).

2.1.3 Método de Pesquisa

Esta é uma pesquisa exploratória qualitativa por meio de estudo de caso com utilização de algumas metodologias levantadas em pesquisa bibliográfica. Para o levantamento das informações para a elaboração das propostas de layout foram realizadas entrevistas abertas a um responsável técnico pelo laboratório de farmacognosia, além de pesquisas bibliográficas de exemplos de experiências práticas similares ao problema e normas e restrições da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). O objeto de estudo foi o laboratório de farmacognosia da Faculdade de Saúde na Universidade de Brasília (UnB). Apresenta-se a então o contexto que se encontrava o laboratório, seguido dos dados de entrada para utilização das ferramentas de elaboração do arranjo físico, o método AHP utilizado para a definição das melhores alternativas e, por fim, as alternativas finais do arranjo físico e seus resultados.

3. Estudo de Caso

3.1 Apresentação da Empresa

A faculdade de saúde da Universidade de Brasília é o local para construção de um laboratório de farmacognosia com exigências, tanto de segurança e higienização para os experimentos, quanto de aproveitamento de espaço produtivo.

O laboratório de farmacognosia tem o objetivo de pesquisar a composição fito química de plantas e fungos oferecendo apoio aos estudos biológicos e toxicológicos. Assim como busca-se obter produtos puros para a distinção da constituição da planta ou fungo de origem.

O novo laboratório tem focado em dois principais fungos: fungos endofíticos e fungos patogênicos.

Os fungos endofíticos são considerados classe II: risco individual moderado; risco comunitário

limitado – a exposição pode provocar infecções, porém, se dispõe de medidas profiláticas e terapêuticas eficazes, sendo o risco de propagação limitada (Amaral de Araújo, 2009). Essa classe exige um nível de biossegurança 2 – NB-2, onde além da adoção das boas práticas de laboratório – BPLs, se faz necessária a contenção através de barreiras físicas primárias (equipamentos de proteção individual – EPIs e cabines de segurança biológica) e secundárias (projeção adequada do laboratório de acordo com a legislação vigente).

Os fungos patogênicos são classificados como classe III, destinados à um nível de biossegurança III. Estes exigem medidas de contenção física primária e secundária, necessitando o laboratório ser projetado e construído de forma específica para contenção de agentes de alto risco. Além disso, deve ser mantido sob controle rígido de vigilância, inspeção e manutenção, e ainda, o corpo técnico deve receber treinamento específico sobre biossegurança e manipulação desses fungos.

Demais características do laboratório são apresentados na aplicação do método SLP.

3.2 Aplicação do SLP

Com base na estrutura do SLP, foram aplicadas as fases II e III no laboratório em análise. O objetivo da fase II é a validação do arranjo físico geral já existente entre as áreas do laboratório e o da fase III é a elaboração das alternativas do arranjo físico detalhado para as salas dos fungos endofíticos e patogênicos.

Antes de iniciar a aplicação foi definido juntamente com o cliente que o objetivo do projeto de arranjo físico é a otimização da área produtiva mantendo a qualidade dos procedimentos.

A primeira etapa da metodologia é a análise PQRS (produto, quantidade, roteiro e serviço). Não há regras gerais para a forma de agrupar essas informações, portanto foi feita uma identificação de cada dado de entrada:

- a) Produto: Identificou-se os produtos com características semelhantes e registrou-se as famílias. O principal produto é o teste realizado sobre as amostras coletadas o qual foi separado em duas famílias: fungos endofíticos e fungos patogênicos.
- b) Quantidade: Não foi possível definir uma métrica para medir a quantidade de produtos uma vez que os testes são realizados de acordo com a demanda, sem determinação de quantidades prévia além da unidade em análise não apresentar dados consolidados.
- c) Roteiro: Para obtenção do roteiro de produção foi utilizada a técnica de mapeamento de processo com simbologia do padrão ASME para identificar os equipamentos e roteiros necessários. Foram mapeados os processos de: realização dos testes de fungos patogênicos; cultivo de fungos patogênicos; obtenção de amostra de fungos endofíticos; e cultivo de fungos endofíticos.
- d) Serviço: A partir das informações levantadas previamente, foram identificados os serviços de apoio. Para compreender a influência no arranjo físico proposto optou-se pelo uso da ferramenta Procedimento Operacional Padrão (POP) que contém as instruções sequenciais das operações e a frequência de execução listando os equipamentos, peças e materiais utilizados na tarefa. Foram criados, com assistência do técnico do laboratório, o POP de Limpeza e Desinfecção, POP de Autoclave, POP de Capela e POP de Shaker.
- e) Restrições e Normas: Para o desenvolvimento do projeto de layout, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) impõe algumas normas e restrições a respeito da disposição dos equipamentos e instrumentos laboratoriais, limpeza, desinfecção e esterilização, e o nível de biossegurança. A RDC nº50, de 21 de fevereiro de 2002 dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de

estabelecimentos assistenciais de saúde. A RDC n°302, de 13 de outubro de 2005, é um Regulamento Técnico para funcionamento dos serviços que realizam atividades laboratoriais, tais como Laboratório Clínico e Posto de Coleta Laboratorial. E por fim, a NR-12, sendo um regulamento que estabelece requisitos mínimos para o trabalho seguro em máquinas e equipamentos abrangendo desde o projeto até o descarte das máquinas e as diversas interações com os trabalhadores em todas as fases de utilização.

Obtidos os dados de entrada, o próximo passo foi elaborar o relacionamento de proximidades. Este passo foi aplicado na fase II para validar o arranjo físico geral já previamente estabelecido e também na fase III para elaborar as alternativas do arranjo físico detalhado de cada sala.

3.2.1 Arranjo Físico Geral

Para o arranjo físico geral estabeleceu-se o relacionamento entre as seguintes áreas: sala dos fungos endofíticos (1); sala dos fungos patogênicos (2); sala de estudos (3); sala dos professores (4) e almoxarifado (5). Para tal, foi utilizada a escala de A, E, I, O, U e X, para avaliar as afinidades, sendo respectivamente: absolutamente importante, especialmente importante, importante, pouco importante, sem importância e indesejável. A partir dessa escala, categorizou-se o relacionamento par a par das áreas montando-se uma matriz.

A combinação dessas relações resulta na análise de proximidades, aonde o local com maior taxa de proximidade total é o primeiro a ser escolhido para ser posicionado no layout. O local seguinte a ser ordenado é aquele que possuir um maior relacionamento com o anterior. O critério de desempate é o maior número de A's, E's, I's, O's e U's com os locais restantes. A Quadro 1 representa o procedimento aplicado com as áreas do laboratório. Obtidos os dados de entrada, o próximo passo foi fazer o relacionamento de proximidades. Este passo foi aplicado na fase II para validar o arranjo físico.

Layout Geral		1	2	3	4	5
	A	2	1			
	E					
	I	5	5			1,2
	O	4			1	
	U	3		1,4,5	3,5	3,4
	X		3,4	2	2	
Análise de Relacionament o		1	2	3	4	5
			A	U	O	I
				UX	OX	II
				UXU	OXU	
				UXUU		
Resultado:		1-2-5-4-3				

Quadro 1- Análise de Relacionamento Geral

Com o resultado obtido, montou-se o arranjo de blocos para determinar a ordem dos posicionamentos.

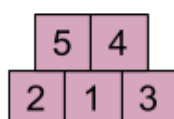


Figura 3 - Arranjo de Blocos Geral

A figura 3 representa o arranjo de blocos geral do laboratório, incluído a sala de professores, sala de estudos, almoxarifado, laboratório de endofíticos e laboratório de patogênicos. Os dois últimos foi feito o arranjo físico detalhado.

4.2.2 Arranjo Físico Detalhado

Os mesmos procedimentos foram aplicados para a elaboração das alternativas do arranjo físico detalhado para as salas dos fungos endofíticos e patogênicos, utilizando seus respectivos dados de entrada. Porém, neste momento o relacionamento foi estabelecido entre cada máquina e equipamento de cada sala.

Foi desenvolvida a matriz de afinidade para cada sala utilizando a escala A, E, I, O, U e X e então aplicou-se o método para categorizar os relacionamentos analisando as proximidades entre os equipamentos. A Quadro 2 representa a aplicação para a sala dos fungos endofíticos e a Quadro 3 representa a aplicação na sala dos fungos patogênicos.

Layout Endofítico		1	2	3	4	5	6	7	8
	A	6		7	6,8		1,4	3	4
	E		6,7	8	5	4	2	2	3
	I			4,5	3	3	7	6	
	O	2,3,4,5,7,8	3,4,5,1	2,1	1,2,7	1,2,6,8	5	1,4,8	1,5,7
	U		8	6		7	3,8	5	2,6
	X								

Análise de Resultados		1	2	3	4	5	6	7	8
	O	O	I		E	A	O	A	
	OA	OE	IU		EO		OI	AU	
		OEO	IUO		EOO		OIO	AUO	
		OEOU	IUOE		EOOO		OIOO		
		OEOUO			EOOOI		OIOOA		
		OEOUOE			EOOOIU				

Resultado: 4-6-1-8-3-7-2-5

Quadro 2- Análise de Relacionamento Endofítico

Layout Patogênico		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	A				6		4	8,9,10,11	7	7,10	7,9	7
	E	2,3,7,9,10,11	1,11	1,7,8,9,10	5	4		1,3	3	1,3	1,3	1,2
	I	4			1							
	O	5,8	4,5,7,8,9,10	4,6	2,3	1,2	3	2	1,2	2	2	
	U	6	3,6	2,5,11	7,8,9,10,11	3,6,7,8,9,10,11	1,2,5,7,8,9,10,11	4,5,6	4,5,6,11	4,5,6,11	4,5,6,11	3,4,5,6,8,9,10
	X							9,10	8	8	8	

Análise de Relacionamento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	E	O	E	U	U	U		A	A	A	A	
	EE	OO	EE	UU	UU	UU		AX		AA	AU	
	EEE	OOO	EEE	UUU	UUU	UUU		AXX			AUU	
	EEEE	OOOE	EEEE	UUUU	UUUU	UUUU		AXXU				
	EEEEO	OOOEO	EEEEU	UUUUU	UUUUU	UUUUU						
		OOOEOE	EEEEU	UUUUUI	UUUUUU	UUUUUU						

Resultado: 7-9-10-11-8-1-3-2-4-6-5

Quadro 3- Análise de Relacionamento Patogênico

Em seguida foi realizada a montagem do layout o diagrama de blocos, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5 para cada laboratório.



Figura 4 - Arranjo de Blocos Endofítico

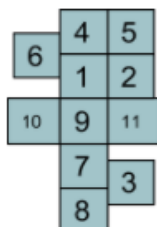


Figura 5 - Arranjo de Bloco Patogênico

O passo seguinte foi analisar as considerações de mudanças e as limitações práticas que envolviam a realidade dos laboratórios de fungos endofíticos e patogênicos.

Os aspectos limitantes na elaboração das alternativas envolveram principalmente a pia e a autoclave. Esses equipamentos necessitam de uma fonte de água o que fez com que eles necessariamente ficassem localizados na parede onde há janelas no ambiente. Isso se deve ao fato de apenas uma parede ser de concreto, permitindo assim a passagem de uma tubulação hidráulica. As outras paredes são de drywall, que é um sistema industrializado de paredes internas, composto por estrutura de aço galvanizado e chapas de gesso cartonado. Logo, a passagem de uma tubulação hidráulica por essas paredes se tornava inviável, já que além de representar um incremento considerável no custo de implantação, ainda representaria um risco visto que em caso de vazamento, a estrutura da parede se comprometeria de maneira irreversível.

Além disso, outro ponto analisado foi o fato de que todo o maquinário deveria estar próximo a uma parede, pois nelas haveria tomadas para dar o suporte elétrico necessário para o seu funcionamento.

Levando esses pontos em consideração, elaborou-se três alternativas de arranjo físico para cada laboratório em questão.

4.3 Análise das Alternativas

Com as alternativas elaboradas, aplicou-se o método AHP (Analytic Hierarchy Process), na qual primeiramente estabeleceram-se três critérios para avaliar as alternativas: custo de instalação, acessibilidade e continuidade dos fluxos.

Por custo de instalação, buscou-se avaliar o custo necessário para a implantação de cada uma das alternativas. Como principal custo, destaca-se o alto custo para a instalação de tubulação hidráulica devido ao fato das divisórias serem de drywall, além do elevado risco da perda da divisória, caso ocorra um vazamento em alguma das tubulações. A acessibilidade teve como objetivo avaliar a porcentagem do espaço útil e a facilidade de movimentação e manuseio dos equipamentos dentro do ambiente do laboratório. Por último, a continuidade dos fluxos buscou avaliar as alternativas em relação ao nível de continuidade e racionalidade dos fluxos. Para isso, foi necessário se embasar nos fluxogramas dos principais processos de cada laboratório, de modo que a melhor alternativa seja aquela que minimize os retornos, ou seja, evite o cruzamento

no fluxo e movimentações desnecessárias.

A Figura 6 apresenta a relação dos critérios e das alternativas.



Figura 6 - Critérios e Alternativas do Método AHP

Tendo os critérios definidos, comparou-se par a par cada critério para identificar, a ordem hierárquica dos mesmos. Essa comparação foi baseada na escala de Saaty, que vai de 1 a 9, na qual 1 representa critérios de importância igual e 9, critério com importância absoluta em relação ao outro.

Após a comparação de cada critério, estes foram normalizados para assim encontrar o Vetor Eigen, na qual define o critério de maior importância. Feito esse cálculo, concluiu-se que o critério com maior importância é a continuidade de fluxo depois a acessibilidade e por último o custo de instalação.

Em seguida, para verificar a coerência dos resultados encontrados com a aplicação da AHP, calculou-se a taxa de consistência. Concluiu-se que o resultado estava consistente, sendo que a taxa de consistência foi de 3,9%, dentro do intervalo aceitável de 0% a 5%.

Com os critérios ordenados hierarquicamente, comparou-se cada alternativa par a par em relação a cada critério. E encontrou-se os valores do vetor Eigen para cada alternativa. Como resultado, tem-se o vetor Eigen das alternativas conforme a Tabela 1.

Salas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Laboratório Endofítico	0,7313	0,1528	0,1162
Laboratório Patogênico	0,0714	0,3073	0,6212

Tabela 1 - Resultados do Vetor Eigen das Alternativas

Em relação às taxas de consistência, foram encontrados os seguintes valores: 4,5% para custo de instalação, 4,2% para acessibilidade e 2,7% para continuidade dos fluxos, ou seja, todos os valores condizentes com o valor padrão de 5%.

5. Resultados

Ao comparar o arranjo físico geral obtido pelo diagrama de blocos com a observação do layout atual das áreas do laboratório, percebe-se que a disposição real se encontra alinhada e similar com a disposição proposta pela ferramenta.

Tendo como base o método AHP, chega-se à conclusão de que as melhores alternativas do arranjo físico detalhado para os laboratórios de fungos endofíticos e patogênicos são as alternativas 1 e 3 como apresentadas na Tabela 1. Pode-se visualiza-las na Figura 7. É válido ressaltar que ao considerar as normas regulamentadoras e restrições no momento da elaboração das alternativas, diminuiu-se as variáveis de mudanças.

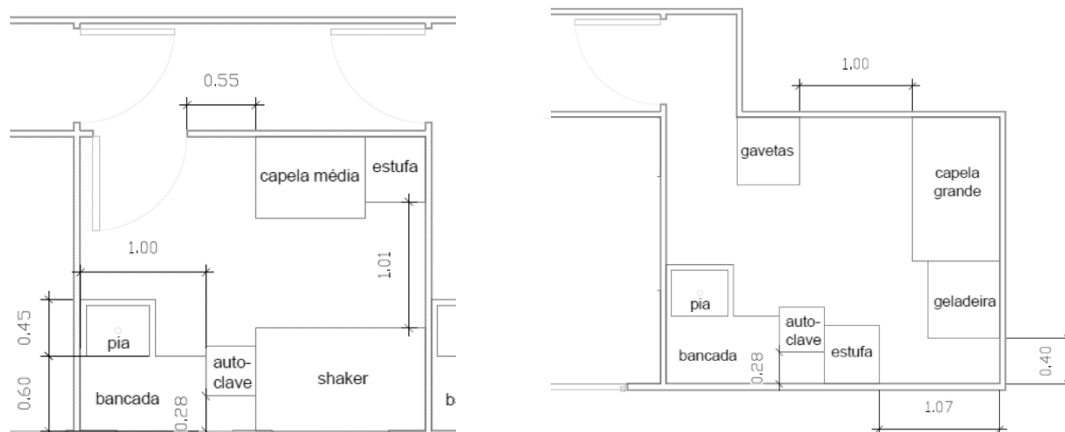


Figura 7 – Alternativa ótima da sala endofítico e patogênico

Em suma a aplicação do planejamento sistemático de layout juntamente com a análise hierárquica indicou consistência nas análises qualitativas e permitiu a indicação de alternativas de ação para o problema proposto. Contudo estas alternativas devem ser consideradas em termos dos custos envolvidos, e dos ganhos obtidos, que podem ser observados quando for realizada a implementação do projeto e estimados em articulação com outras abordagens e metodologias de simulação.

Referências

- AMARAL DE ARAÚJO, S. (2009).** *Boas Práticas nos Laboratórios de Aulas Práticas da Área Básica das Ciências Biológicas e da Saúde*. Universidade Potiguar.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** "Manual". *Segurança e Controle de Qualidade no Laboratório de Microbiologia Clínica*. 2004. Web. 14 June 2017.
- ANVISA, Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** NR-12- *Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos – Resolução – RDC No 50, De 21 De Fevereiro De 2002..* Ministério da Saude: N.p., 2002. Print.
- AZEVEDO, J. L. (1998).** *Microorganismos Endofíticos*. Em a. J. I. S. Melo, *Ecologia microbiana* (pp. 117-137). Fungos. (2017).
- CHIAVENATO, I.** *Gestão de pessoas: segunda edição*. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- MARINS, Cristiano Souza; SOUZA, Daniela de Oliveira; BARROS, Magno da Silva.** *O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais – Um Estudo de Caso*. Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, Xli Sbp, v. 1, n. 1, p.1778-1887, jan. 2009.
- MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T.** *Avaliação multicritério para adequação de sistemas de redução de perdas de água*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais. 22, 2002.
- MUTHER, R.** *Planejamento do layout: Sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- MUTHER, R. WHEELER, J. D.** *Planejamento sistemático e simplificado de layout*. São Paulo: IMAM, 2000.
- RAWABDEH, I.; TAHBOUB, K.** *A new heuristic approach for a computer-aided facility layout*. Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, n.7, p. 962- 986, 2005.
- SAATY, T. L.** *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980
- SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R.** *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A. et al.** *Facilities Planning*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- URBAN, T. L.** *Combining Qualitative and Quantitative Analyses in Facility Layout*. Production and Inventory Management Journal, n. 3/4, p. 73, 1989.
- WILDE, E.** *Functional Planning. Facilities*, v. 14, July-August, p. 35-39, 1996.



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017

YANG, T.; SU, C.; HSU, Y. *Systematic Layout Planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities.* International Journal of Operations Production Management, v. 20, p. 1359-1371, 2000.



ANEXO

Os anexos devem vir ao final do trabalho. Vale salientar que o trabalho completo, incluindo as referências bibliográficas e os anexos, não deve exceder 12 páginas e 1 Mb.