

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALINE MASCARENHAS SILVA
KELVIA PIRES DE CARVALHO

**ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE SALAS LIMPAS EM
UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA.**

ANÁPOLIS / GO

2021

**ALINE MASCARENHAS SILVA
KELVIA PIRES DE CARVALHO**

**ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE SALAS LIMPAS EM
UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: ANDERSON DUTRA E SILVA

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, Aline Mascarenhas / CARVALHO, Kelvia Pires.

Estudo de caso da utilização de salas limpas em uma indústria farmacêutica.

72P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Ambiente controlado | 2. Indústria farmacêutica |
| 3. Salas limpas | 4. Montagem. |

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Aline Mascarenhas; CARVALHO, Kelvia Pires. Estudo de caso da utilização de salas limpas em uma indústria farmacêutica. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 72 p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Aline Mascarenhas Silva

Kelvia Pires De Carvalho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de caso da utilização de salas limpas em uma indústria farmacêutica

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Aline Mascarenhas Silva

E-mail: mascarenhas1809@hotmail.com



Kelvia Pires de Carvalho

E-mail: kelvia21bia@hotmail.com

**ALINE MASCARENHAS SILVA
KELVIA PIRES DE CARVALHO**

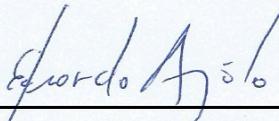
**ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DE SALAS LIMPAS EM
UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**ANDERSON DUTRA E SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**



**EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**WANESSA MESQUITA GODOI, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de maio de 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiro quero agradecer a Deus por me dar a força e determinação em todo esse período da minha vida. Agradeço também a minha família pelo apoio e motivação, aos meus amigos por ter paciência e senso crítico.

Agradeço ao nosso orientador Anderson Dutra, por todo o apoio e paciência. Aos meus professores, pois sem eles não estaria aqui.

Aline Mascarenhas Silva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças todos os dias, por não me fazer desistir mesmo sendo difícil conciliar trabalho e estudo.

Agradeço também a minha família por me apoiar e me incentivar. Agradeço imensamente ao meu companheiro de trabalho, meu confidente, amigo e amor da minha vida que me apoiou e me ajudou neste trabalho.

Agradeço ao professor Anderson Dutra por sua paciência e dedicação nas orientações desse trabalho.

Kelvia Pires de Carvalho

RESUMO

Abrindo espaço para novos negócios, o uso de um ambiente controlado e limpo se adéqua a construções que visam um controle mais eficaz de produtos industrializados, principalmente porque em áreas com certos parâmetros, podem-se obter produtos ou serviços de qualidade aplicados a indústrias. Empresas como indústrias farmacêuticas e alimentícias, além de hospitais e clínicas, buscam acompanhar as novas tecnologias de ambientes controlados para evitar contaminações. Neste contexto, as técnicas construtivas das salas limpas podem ser uma solução para melhoria de produtos e serviços em diversas áreas. Com essa monografia realizamos uma análise das características gerais de um ambiente controlado, seu uso, montagem e aplicação em uma obra de grande porte. O desenvolvimento consiste em historia de ambientes limpos, funcionamento, normatização e método construtivo teórico e pratico. Mostrando como é feito a montagem, armazenamento e mão de obra necessária, que irão ser utilizados para a formação de paredes, pisos e forros. Por meio de pesquisas em livros, revistas, artigos e visitas de campo, possibilitou a aquisição de conhecimento de forma geral sobre o que são salas limpas e o processo por trás. Com o destaque do uso de painéis isotérmicos na construção de salas limpas, tornando o ambiente fácil de manutenção e *layout* modificável.

PALAVRAS-CHAVE:

Ambiente controlado, indústria farmacêutica, AVAC e salas limpas.

ABSTRACT

Making room for new businesses, the use of a controlled and clean environment is appropriate for those buildings that aim at a more effective control of industrialized products, mainly because in areas with certain parameters, it's possible to obtain good quality products or services that are applied to industries. Nowadays Companies such as the pharmaceutical and food industries, as well as hospitals and clinics, are following new technologies in controlled environments to avoid contamination. In this point of view, the construction techniques for clean rooms can be a solution for improving products and services in several areas. In this undergraduate thesis it was analysed the general characteristics of a controlled environment, its assembly, use and application in a large construction site. It was address the history of clean environments, in addition to the operation, standardization and theoretical and practical construction method, showing how the assembly and storage works, with its necessary labor, which will be used for the formation of walls, floors and ceilings. Through the use of books, magazines, articles and field visits, it was possible to acquire general knowledge about what clean rooms are, as well as, all the process behind them. Taking into account that this reasearch has emphasis on the use of isothermal panels in the construction of clean rooms, making the environment easy to maintain and adjustable layout.

KEYWORDS:

Controlled environment, pharmaceutical industry, HVAC and clean rooms.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A imagem mostra Lister pulverizando ácido carbólico no paciente.....	14
Figura 2: Câmera limpa' Charnley-Hayworth.....	15
Figura 3: Sala limpa com fluxo unidimensional.....	18
Figura 4: Sala limpa com fluxo não unidimensional.....	18
Figura 5: Aplicação de piso Autonivelante.	22
Figura 6: Aplicação do revestimento espatulado.....	22
Figura 7: Aplicação de pintura de alta espessura.	23
Figura 8: Núcleo de isolamento interno e revestimento externo.	24
Figura 9: Exemplo de sistema de junção de painéis.....	25
Figura 10: Sistema de fixação de forro no perfil “T” tubular.....	26
Figura 11: Fixação de juntas entre as placas.	27
Figura 12: Porta simples de aço inox.	28
Figura 13: Visores simples	29
Figura 14: Divisórias vítreas.....	29
Figura 15: Biombo Tubular Aço Inox	30
Figura 16: <i>Pass though</i> em aço pintado.	30
Figura 17: UTA (unidade de tratamento de ar)	32
Figura 18: Dutos de ar condicionado sobre o forro.....	33
Figura 19: Sala de <i>staging</i>	35
Figura 20: Bin.....	36
Figura 21: Misturadora	37
Figura 22: Compressora:	38
Figura 23: Revestidora.	38
Figura 24: Embalagem de metal.....	39
Figura 25: <i>Shuttle</i>	40
Figura 26: Perfil U de piso	40
Figura 27: Cantoneira de travamento.	41
Figura 28: Cantoneira de acabamento.	41
Figura 29: Perfil U de acabamento.....	42
Figura 30: Barra roscada.....	43
Figura 31: Perfil C de laje.	43
Figura 32: Perfil T.	44

Figura 33: Chapa de travamento.....	44
Figura 34: Cantoneiras 50x50.	45
Figura 35: Canto arredondado.	46
Figura 36: Concha de 3 lados.	46
Figura 37: Silicone neutro.	47
Figura 38: Painel tipo "sanduiche"	47
Figura 39: Encaixe de painel tipo "sanduiche".....	48
Figura 40: Painel já fixado.	49
Figura 41: Painel branco.....	49
Figura 42: Painel em inox.....	50
Figura 43: Painel branco e em inox.	51
Figura 44: Detalhamento de esquadria	52
Figura 45: Gaxetas.....	52
Figura 46: Alçapão de aço	53
Figura 47: Luminárias.	53
Figura 48: Caixa de hidrante.	54
Figura 49: Visor duplo.....	55
Figura 50: Entrada para gás.	55
Figura 51: Porta simples	56
Figura 52: Porta dupla	57
Figura 53: Piso <i>multilayer</i>	58
Figura 54: Piso.....	59
Figura 55: Esquema de montagem do forro.	59
Figura 56: Face superior do painel.	60
Figura 57: Forro.....	60
Figura 58: Forro acabado.....	61
Figura 59: Armazenamento dos painéis.	62
Figura 60: Descarga de painéis.....	62

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ACP	Antecâmara de pessoas.
ACM	Antecâmara de matéria prima.
AISI	<i>American Iron and Steel Institute.</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado.
BIN	<i>Inermediante bulk container.</i>
DML	Depósito de material de limpeza.
EUA	Estados Unidos da América.
FDA	<i>Food and Drug Administration.</i>
FS209E	Federal Standard (Norma de classificação EUA).
GMP	<i>Good manufacturing practices</i> (Boas Práticas de Fabricação).
HVAC	<i>Heating, Ventilating and Air Conditioning.</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
ISO	Organização Internacional de Normalização.
PIR	Poliisocianurato (tipo de isopor).
PUR	Poliuretano (tipo de isopor).
PW	Água purificada.
RAL	Coleções de cores.
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada.
USP	Universidade de São Paulo.
UTA	Unidade de Tratamento de Ar.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
1.3	METODOLOGIA	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	CONSTRUÇÃO DE UMA SALA LIMPA	20
2.1.1	Pisos	20
2.1.2	Paredes	23
2.1.3	Forros	26
2.1.4	Portas, visores e <i>pass through</i>.....	27
2.1.4.1	Portas:	27
2.1.4.2	Visores	28
2.1.4.3	<i>Pass Through</i> :	30
2.2	SISTEMAS AVAC DE SALAS LIMPAS	31
2.2.1	Sistema de ar para salas limpas:.....	31
2.2.1.1	NBR/ISO 14644:2005	33
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	DESCRIÇÃO DE AMBIENTES E EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO	35
3.2	MATERIAIS CONSTRUTIVOS E SUA MONTAGEM	40
3.2.1	Materiais de montagem de divisória:	40
3.2.2	Materiais de montagem de forro:	42
3.2.3	Materiais de acabamento:.....	45
3.3	EXIGÊNCIAS DO PROJETO E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	47
3.3.1	Divisória sala limpa:.....	47
3.3.1.1	Acabamento.	49
3.3.2	Estanqueidade e Vedação;.....	51
3.3.3	Esquadrias.....	51
3.3.4	Alçapões de aço.....	53
3.3.5	Acessórios.....	53
3.3.6	Visores de vidro duplo em painel Sala limpa.....	54

3.3.7	Portas;	55
3.3.8	Piso epóxi	57
3.3.9	Forro em painel	58
3.3.10	Transporte e armazenamento dos painéis:	61
3.3.11	Sustentabilidade:	63
3.3.12	Mão de obra:	63
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, a busca pela padronização, qualidade e eficiência são cada vez maiores. Abrindo espaço para novos negócios, o uso de um ambiente controlado e limpo se adequa a construções que visam a um controle mais eficaz de produtos industrializados, principalmente porque em áreas com esses parâmetros, podem-se obter produtos ou serviços de qualidade aplicados a indústrias como as alimentícias e farmacêuticas.

Certamente, as primeiras salas limpas eram encontradas em hospitais. Joseph Lister (1827-1912) contribuiu para a história constatando que bactérias causavam infecções em ferimento de seus pacientes. Louis Pasteur (1822-1895), o descobridor da presença de diversos microrganismos, escreveu que “no campo das observações, o acaso favorece as mentes preparadas” (DONATELLI, 2016). Lister teve conhecimento dos experimentos de Pasteur, que mostravam que o cozimento e a exclusão de ar da carne paravam a decomposição. Com isso, Lister percebeu que poderia se aplicar em ferimentos hospitalares. Ele tinha o conhecimento que ácido carbólico (conhecido antigamente com fenol) estava sendo usado para descontaminar esgoto. O tratamento não apenas eliminava o cheiro como também, quando jogado nos campos, os animais não contraíam infecções enterozoais. Em 1865, ele utilizou pela primeira vez ácido carbólico em ferimentos como mostra na figura 1 e obteve ótimos resultados. Em 1867, ele utilizou o mesmo ácido durante cirurgias, aplicando-o em ferimentos, equipamentos e nas mãos do cirurgião, e tentou evitar infecções provenientes de bactérias presente no ar, pulverizando o produto no ambiente. Percebendo que esses passos eliminaram muitas das bactérias e diminuíram o número de infecções na sala de cirúrgica, esta experiência foi base científica para as primeiras salas limpas (WHYTE, 2013).

Figura 1: A imagem mostra Lister pulverizando ácido carbólico no paciente.



Fonte: Greenbaum (2011).

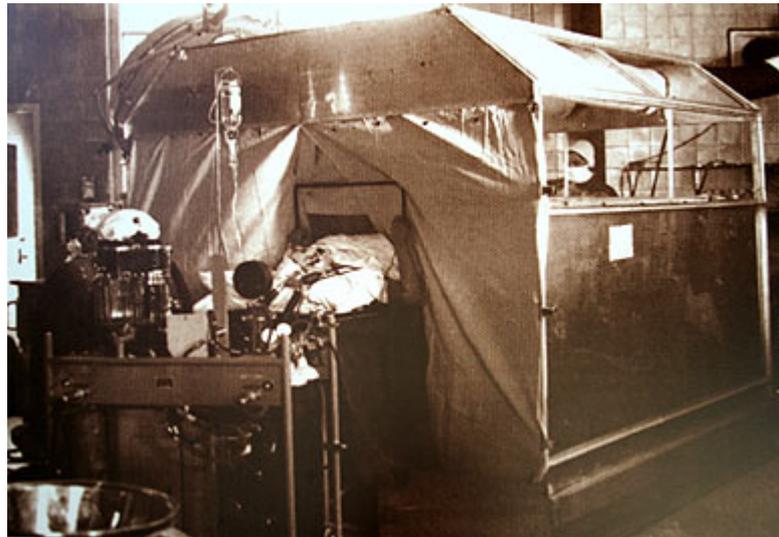
Mesmo sendo uma grande evolução, o *spray* de Lister é de interesse histórico, pois não tem eficácia na redução das bactérias suspensas no ar. A redução de microrganismo que Lister conseguiu foi através dos métodos antissépticos, já que o mesmo utilizava ácido nos curativos e nas mãos do cirurgião. Com o passar do tempo, inúmeras evoluções ocorreram como vestuário, estrutura da sala de cirurgia, circulação do ar e em muitos outros aspectos, trazendo inúmeros avanços para a medicina. Além disso, como muitos tipos de produtos e serviços precisam estar livres de poluentes, o uso de áreas limpas em outros ramos também alcançou um grande desenvolvimento. A Segunda Guerra Mundial levou as pessoas a fazerem progressos significativos no tema do meio ambiente limpo, porque perceberam a necessidade de controlar doenças e desenvolver produtos de guerra (WHYTE, 2013).

Embora as salas cirúrgicas construídas antes de 1950 sejam semelhantes às atuais salas limpas em termos de controle de poluição, a maior diferença entre as mesmas é a falta de ventilação unidimensional com ar filtrado, sistema que consiste numa ventilação com uma única direção. Até a década de 1940, a ventilação artificial raramente era usada em hospitais, e quando utilizada, essa se resumia em conforto, não se preocupando com a contaminação presente no ambiente. Só depois da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) é que ficou claro que a ventilação nos hospitais era essencial para o controle da contaminação (WHYTE, 2013).

No início da década de 1960, as maiorias dos princípios para controlar o desempenho de salas ventiladas não unidirecional já se tornaram conhecidos. No mesmo período, Blowers e Crew tentaram obter um "pistão" de ar empurrando para baixo (embora não o chamassem

dessa forma) através de um difusor de ar instalado no teto de uma sala de cirurgia na Inglaterra. Infelizmente, o ar de baixa velocidade era interrompido devido ao ar quente produzido pelos corpos das pessoas dentro dos ambientes e das lâmpadas. Isso tornou impossível obter um bom fluxo de ar unidirecional. Nesta situação, o professor Sir John Charnley (com a ajuda de Hugh Hayworth) decidiu melhorar a ventilação em sua sala de cirurgia no Hospital de Worsington perto de Manchester, Inglaterra (WHYTE, 2013).

Figura 2: Câmara limpa' Charnley-Hayworth.



Fonte: Wordpress (2014)

A incidência de sepse (infecção no sangue) em sua primeira operação foi de cerca de 10%. Esse era um grande problema, então ele começou a tomar várias medidas preventivas. Usando todo o conhecimento adquirido até a época (1961). Charnley e Hayworth tentaram aperfeiçoar o "efeito pistão" do fluxo para baixo. Em vez de usar todo o teto da sala de cirurgia, eles restringiram a mesma a uma área menor, melhorando assim a circulação de ar para baixo. Foi usada uma "sala limpa" de 2,13 x 2,13 m localizada na sala de cirurgia, como mostrado na Figura 2 (WHYTE, 2013).

Na primeira metade do século XIX, todo esse conhecimento foi expandido e usado para produzir produtos componentes sensíveis à contaminação. Os modelos e *layouts* de salas limpas existentes atualmente foram criados para satisfazer diferentes ramos do mercado, pensando no controle de qualidades que os produtos exigiam. Assim os métodos construtivos se tornaram mais eficientes e adaptados às novas realidades (ASMONTEC,2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

Empresas como indústrias farmacêuticas e alimentícias, além de hospitais e clínicas, buscam acompanhar as novas tecnologias que permitam ambientes controlados para evitar contaminações. Neste contexto, as técnicas construtivas das salas limpas podem ser uma solução para melhoria de produtos e serviços. É importante que se entenda seu processo construtivo e suas particularidades de projeto.

Assim, esse estudo procura entender as formas de representação, construção e as relações entre técnicas, equipamentos e materiais de salas limpas. Tendo Anápolis um polo industrial importante, onde diversas indústrias, especialmente do ramo farmacêutico, estão instaladas, o bom conhecimento dos processos pode agilizar as instalações, tanto as novas indústrias quanto a ampliação das existentes. Nesse caso, a engenharia civil pode se apresentar como um fundamental agente para soluções de problemas e para criação de novas possibilidades.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Compreender como funciona um processo de montagem de salas limpas, envolvendo projetos, materiais utilizados e mão de obra. Explicar as etapas de montagem de salas limpas de forma detalhada e clara.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo de caso de montagem de salas limpas.
- Acompanhar a execução da montagem do ambiente controlado.
- Mostrar detalhadamente materiais de montagem.

1.3 METODOLOGIA

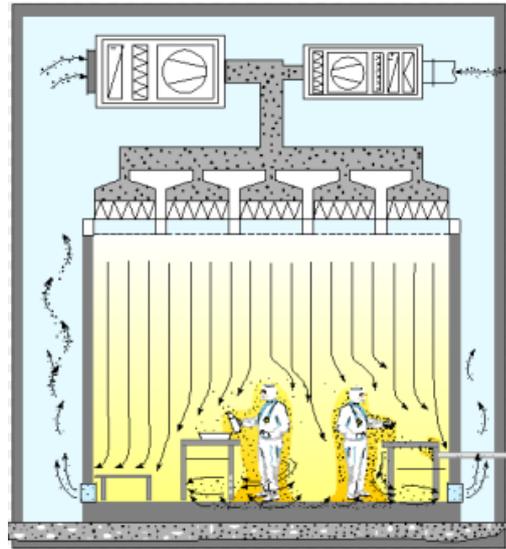
Serão realizados estudos bibliográficos em artigos científicos, revistas especializadas, normas técnicas e livros. Também, serão realizadas entrevistas não estruturadas com engenheiros e profissionais envolvidos nos processo de projeto e execução. Serão feitas análises de projetos e, também, realização análises gráficas, tentando verificar particularidades e as principais características do empreendimento em questão.

A empresa estudada será a indústria farmacêutica que passa por processo de instalação das salas limpas. Esta é uma fábrica de medicamentos localizada em Anápolis-GO, com cerca de 120.000 m² de área construída, com capacidade de produzir mais de 830 itens distintos. A obra será executada pela empresa Asmontec especializada em fabricação e instalação de salas limpas, a construção contará com mais de 3.271 m² dividida em dois pavimentos, que serão usadas basicamente no auxílio de fabricação de medicamentos (ASMORTEC, 2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As salas limpas são basicamente divididas em dois tipos: fluxo de ar unidirecional (uma única direção) e fluxo de ar não unidirecional. No fluxo unidimensional o consumo de ar é maior e sua eficiência também, o mesmo funciona da seguinte maneira: filtros de alta eficiência são instalados ao longo do teto e o ar da sala flui pelo teto, varrendo a sala unidirecionalmente em alta velocidade para baixo onde o mesmo sai pelo chão, removendo assim os detritos da sala. Na figura 3, podemos ver como o fluxo de ar funciona.

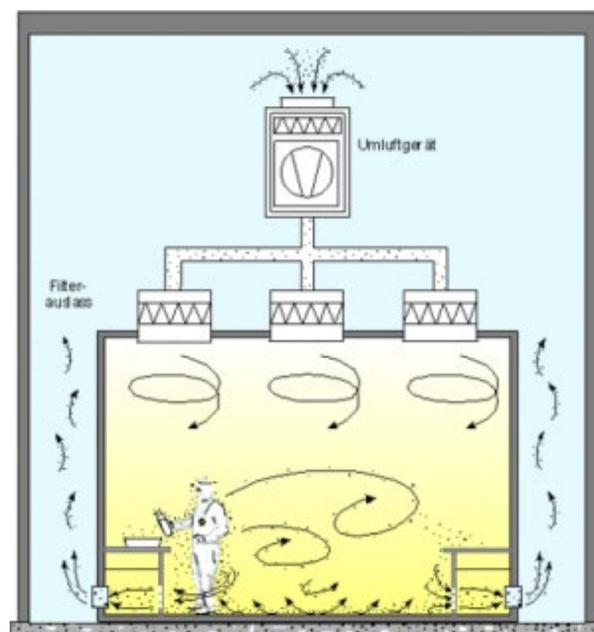
Figura 3: Sala limpa com fluxo unidimensional.



Fonte: Oliveira (2020).

Já as salas limpas com fluxo de ar não unidimensional, o ar após ser filtrado por filtros de alto desempenho e difusores instalados no teto, este ar limpo se mistura com o ar presente na sala, pra só então remover os contaminantes em suspensão saindo por meios de aberturas na parte inferior da parede, como podemos ver na figura 4 (OLIVEIRA, 2020; WHYTE, 2013). A diferença entre os dois é que quando um ar limpo é misturado ao ar existente na sala, sua eficiência é reduzida.

Figura 4: Sala limpa com fluxo não unidimensional.



Fonte: Oliveira (2020).

Além dos tipos, as salas limpas passam por uma classificação de acordo com as normas, que se baseiam na pureza do ar interno e a concentração de partículas por unidade de volume de ar.

Para classificação de Sala Limpa foram adotados padrões preconizados pela *International Standards Organization (ISO)* e pelas normas dos EUA de Serviços Gerais de Administração (conhecido como FS209E), além da GMP Européia e das Resoluções da Anvisa, Agencia Nacional de Vigilância Sanitária.

Como a necessidade de padrões internacionais aumentou, a ISO criou uma comissão técnica e vários grupos de trabalho, incluindo brasileiro, para delinear o seu próprio conjunto de normas.

A classificação de Sala Limpa contida na ISO 14644 é a classificação mundialmente mais utilizada atualmente, e nesta norma as Salas Limpas estão classificadas em 9 classes, de acordo com a quantidade de partículas de tamanhos específicos existem por metro cúbico. Já a americana FS209E contém 6 classes, enquanto o sistema de classificação ISO 14644-1 acrescenta dois padrões mais limpos e mais sujo (ASMONTec, 2017).

As salas limpas 1 a 5 operam com o fluxo de ar laminar (unidirecional) e são caracterizadas por;

- Mudança de ar a cada 6 segundos.
- Ar flui uniformemente do teto/forro a uma velocidade de 0,45 m/s.
- Sem correntes de ar em ambiente controlado.
- O ar flui de maneira uniforme em todo o ambiente, e não há dispersão transversal de partículas.
- A retirada do ar é apenas pela exaustão do piso.

Já as de classe 6 a 9 funcionam como o fluxo de ar turbulento, ou seja, não unidirecional e se caracterizam por:

- O ar sai do difusor no teto a uma velocidade de 0,45 metros por segundo.
- A exaustão do chão ou teto permite que o ar do ambiente escape.

No Brasil, as indústrias farmacêutica, cosmética e alimentícia geralmente adotam as recomendações do FDA - *Food and Drug Administration* e ANVISA na forma de RDC. Essas RDCs usam diretrizes gerais para especificar práticas de projeto, construção e fabricação em vários ambientes, incluindo salas limpar. Para diferentes setores, a classificação necessária para estabelecer uma sala limpa depende do tipo de atividade e da concentração de partículas permitida (ISODUR, s.d).

Segundo Erika Fonseca, consultora farmacêutica e professora de pós-graduação e mestre em Processos Industriais no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), da Universidade de São Paulo (USP), no campo de depuração (limpeza de substâncias indesejáveis) de dispositivos da indústria farmacêutica, o principal requisito para salas limpas é controlar a poluição do ambiente externo por meio de parâmetros como temperatura, pressão do ar e umidade, filtragem do ar e o uso de materiais e equipamentos especialmente desenvolvidos para evitar a construção de salas limpas (MASSI, 2020).

2.1 CONSTRUÇÃO DE UMA SALA LIMPA

Na construção de uma sala limpa tem uma ordem a ser seguida, ordem essa que começa com o piso, depois paredes e forros, e estes são os componentes devem garantir uma máxima limpeza no ambiente com o mínimo de contaminação, mesmo muita empresas escolher usar a estruturas modulares, que se trata de uma tecnologia em gesso, que possui as características de montagem rápida, baixo custo e fácil limpeza. Sempre mantem a ordem de construtiva citada acima (MASSI, 2020; ISODUR, s.d).

2.1.1 Pisos

O piso é o elemento mais importante porque o processo de produção é realizado sobre o mesmo. Deve ser de fácil limpeza, cor clara para que se possa ver todos os tipos de sujeira. Rachaduras e poros devem ser evitados, pois podem acumular bactérias. Qualquer material de acabamento para o chão deve se aplicado levando em consideração uma base de execução cuidadosa, sempre considerando o nivelamento o mais plano possível, assim como a estrutura, de forma a eliminar todo e qualquer tipo de infiltração de umidade que pode ocorrer. Assim, a máxima de precisão é necessária nos processos de execução (MASSI, 2020; PAPE, 2020).

O acabamento pode ser executado no local, levando todos os itens em consideração. Para todos os tipos de acabamentos, é de extrema importância o controle de umidade do substrato que é fundamental para que não haja bolhas, manchas e descamação da superfície, o que pode causar frequentes manutenções no local, após a execução (PAPE, 2020).

A escolha do tipo de acabamento, espessura e sistema de aplicação, depende das aplicações mecânicas e químicas que a área exige;

- **Espessura:** São de acordo com a solicitação mecânica, impactos que venham a ocorrer e a resistência ao desgaste, que são definidos pelo fluxo de pessoas, materiais e condições da base de apoio. A base para acabamento “quanto mais irregular maior deve ser a espessura da resina, para cobrir estas irregularidades” (PAPE, 2020).
- **Textura da superfície:** Definida pela necessidade de sanitização (uso de produtos específicos, que eliminam níveis de componentes microbiológicos) e limpeza. “Texturas mais lisas facilitam a limpeza, mas podem apresentar-se mais escorregadias, situação não aceitável em áreas molhadas, nas quais as superfícies devem ser mais antiderrapantes” (PAPE, 2020).
- **Resistência química:** O acabamento já dever ser pensado para resistir a diferentes substâncias químicas, que podem vir a ser usadas no local, sempre visando maior resistência em caso contato com as mesmas (PAPE, 2020).
- **Resistência à abrasão:** Alguns materiais minerais podem tornar o acabamento mais resistente ao desgaste da superfície. Detalhes de esquadrias devem ter uma atenção especial e recomenda-se sempre utilizar a do “padrão sala limpa, em chapa metálica pré-pintada, com miolo de isolamento, visor com vidro duplo e ferragens em aço inox” (PAPE, 2020).
- **Estética:** Recomenda-se usar cores claras, mas há muitas opções de cores padrões, aumentando as possibilidades de escolha (PAPE, 2020).

Tem opções que podem ser aplicadas na hora da execução, como autonivelantes, espatulada ou pintura na superfície.

- **Autonivelante:** Amplamente utilizado em salas limpas e em ambientes que requerem superfície extremamente suave e fácil de limpar. O revestimento faz-se em camada única, com alta densidade de material que obtém uma camada lisa, contínua, uniforme e sem poros. Oferece execução rápida e fácil como vemos na figura 5, e nivelamento perfeito. Necessita de manutenção constante para manter sua aparência uniforme. Devido ao seu alto brilho, é fácil de riscar e não tem uma resistência ao impacto muito alto (PAPE, 2020).

Figura 5: Aplicação de piso Autonivelante.



Fonte: NS BRAZIL (2020).

- **Revestimento espatulado:** Com maior espessura, pois na sua execução é usando argamassa epóxi que posteriormente tem sua base pintada. A base deve conter uma espessura considerável, para que a superfície seja selada, eliminando a porosidade. “Possui maior resistência à abrasão e a impactos” (PAPE, 2020). Podemos ver como é a aplicação na figura 6.

Figura 6: Aplicação do revestimento espatulado.



Fonte: Fk (2020).

- **Pintura de alta espessura:** Usar resina de base epóxi, adequada para áreas com baixa solicitação mecânica, e somente aplicada em ambiente totalmente uniforme e nivelado (PAPE, 2020). Na figura 7 vemos como é sua aplicação.

Figura 7: Aplicação de pintura de alta espessura.



Fonte: Laticrete (2015)

- **Dissipação estática:** Sistema de revestimento com base de resina epóxi carregada de cargas de carbono agregados sem sílica, são projetados para promover a dissipação de estática. O sistema torna-se condutivo e antifaíscas em toda sua extensão. Torna-se um excelente revestimento, resistente à abrasão e devido às suas propriedades antiestáticas e condutoras, é o mais adequado para áreas com eletricidade e áreas como produção química, farmacêutica, processamento de produtos inflamáveis, explosivos e sala de cirurgia (PAPE, 2020).

Outra opção para pisos é o revestimento executado em “multicamadas - multilateral” com acabamentos variados, com a vantagem de possuir alta resistência a impactos e riscos, planicidade alta, uniformidade de aparência e de espessura, variedade de cores e texturas, facilidade de manutenção (PAPE, 2020).

2.1.2 Paredes

Para o revestimento de paredes das salas limpas, os requisitos são basicamente;

- Superfície lisa, não porosa e selada (bem vedadas, de modo que não entrem contaminantes).

- Fácil de limpar, cantos arredondados com o mínimo de protuberâncias.
- Resistente à higienização e a impactos.

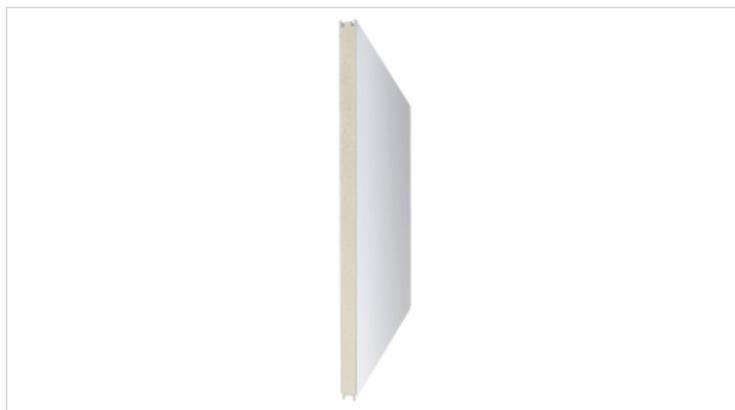
As paredes de alvenaria devem ser revestidas com tinta, geralmente feita de resina epóxi à base de água para serem lixadas e alisadas. Com cantos verticais arredondados, que são feitos com a própria argamassa que é aplicada. Paredes de gesso também são constantemente utilizadas em salas limpas, e existe a opção de painéis que são resistentes à umidade, que oferecem rapidez na execução e flexibilidade nos *layouts* (PAPE, 2020).

Atualmente, os mais utilizados nas salas limpas são divisórias pré-fabricadas, os chamados painéis termo acústicos, com dupla chapa de aço inoxidável pintado ou aço inoxidável escovado, com núcleo de isolamento térmico. (PAPE, 2020).

Devido a variedade de fabricantes dos diversos sistemas de divisórias para salas limpas, todos devem seguir as seguintes especificações;

- **Isolamento Interno:** “O núcleo isolante em espuma rígida de PUR (Poliuretano) ou PIR (Poliisocianurato) injetada em prensas. Massa específica aparente entre 38 e 42 kg/m³. Material com retardante à chama, classe R1, conforme norma NBR 7358 da ABNT” (PAPE, 2020). A espessura varia de 50 a 200 mm. Podemos ver na figura 8 como funciona o núcleo entre as superfícies.

Figura 8: Núcleo de isolamento interno e revestimento externo.



Fonte: Kingspan (2020).

- **Revestimento Externo:** Que consiste em placa plana com revestimento de aço galvanizado, com 0,5 mm ou 0,65 mm de espessura pré-pintado. A chapa deve ser de aço inox AISI 304, superfície escovada ou polida, vidro temperado ou painel de vidro laminado. Quando de vidro, o mesmo deve ter transparência máxima. O painel é revestido com laminado de melamínicos de alta pressão, com

superfície é lisa, texturizado, contando com várias opções de cores, como apresentado na figura 8 (PAPE, 2020).

- **Sistema de Junção entre Painéis:** O painel deve ser autoportantes, por meio de sistemas de montagem macho e fêmea, com ou sem perfis de junta revestidos de metal, para garantir a perfeição do encaixe. Os mesmos podem ser entremeados de alumínio, e o acabamento final é igual ao acabamento do painel. O sistema deve oferece diferentes efeitos estéticos e permitir que o painel seja removido sem alterações de *layout*. (PAPE, 2020). Temos um exemplo de como é feito a junção de painéis na figura 9.

Figura 9: Exemplo de sistema de junção de painéis.



Fonte: Isoeste. (2020).

- **Dimensões Padrão:** A largura típica é 1150 mm, comprimento é variável, de acordo com a necessidade de cada projeto. As características específicas do revestimento dependem de fatores como: classificação área, tipo de produto a ser processada, temperatura, se a sala está sob pressão, entre outros fatores, mas todos os tipos são iguais com propriedades de isolamento, fáceis de limpar, superfície uniforme, com *layout* que podem ser facilmente alterados e que tenha velocidade de montagem (PAPE, 2020).

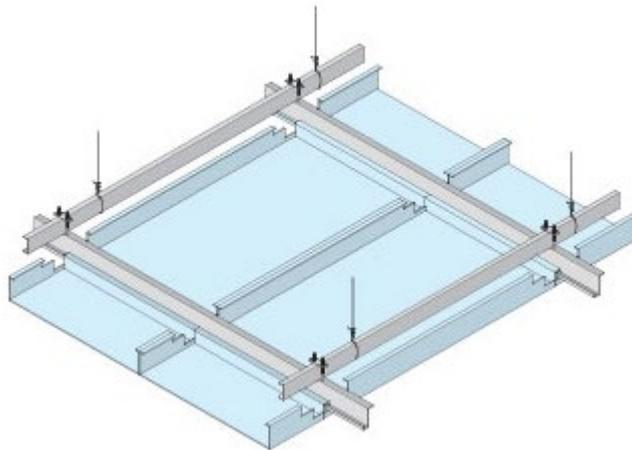
2.1.3 Forros

Como paredes e pisos, o forro das salas limpas deve atender às condições de estanqueidade (sem vazamento), continuidade e uniformidade. Não podem liberar contaminantes, conforme os itens anteriormente (PAPE, 2020).

Há algumas opções de forro como;

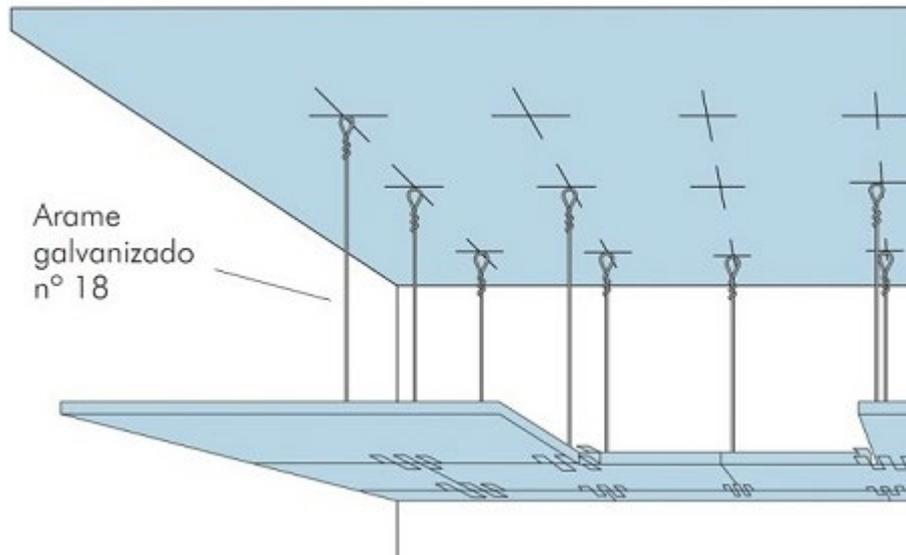
- **Forro autoportante:** Também chamado de forro móvel, permite que caminhem sobre ele, o que facilita a manutenção e reduz os riscos de contaminação. É um forro que isola totalmente a área. Construído com os mesmos materiais usados nas divisórias, geralmente de estruturas com perfil de alumínio ou aço com tinta *spray* eletrostática e suas placas superiores são de aço galvanizado. São usadas duas formas de fixação, no perfil “T” tubular, como vemos na figura 10, que é o mais adequado para grandes vãos e para vãos menores é usado dispositivo de fixação de juntas entre as placas, como vemos na figura 11 (PAPE, 2020).

Figura 10: Sistema de fixação de forro no perfil “T” tubular.



Fonte: Sunfix (2020).

Figura 11: Fixação de juntas entre as placas.



Fonte: Rio Preto (2020).

O acabamento entre as costuras da placa é feito através de “aplicação de silicone fungicida branco que deve suportar a dilatação e retração dos painéis” (PAPE, 2020).

- **Forro leve:** é construído no mesmo sistema de forro autoportante, mas não suporta a carga e nem permite que se ande sobre o mesmo. Adequado onde o pé direito é pequeno, não tem distância entre o forro é a estrutura superior, ou seja, ele é fixado na estrutura do teto. Sua instalação e manutenção são feita por baixo, suas placas, mesmo sendo removíveis, são vedadas para que não haja contaminação no ambiente (PAPE, 2020).
- **Forro de gesso acartonado:** pode ser usado sem problemas, caso passe por um acabamento final “feito através de pintura a base de resina acrílica ou epóxi de base aquosa” (PAPE, 2020). Oferecem condições uniformes, contínuas e de estanqueidade, que são pré-requisitos para serem utilizados em salas limpas.

2.1.4 Portas, visores e *pass through*:

2.1.4.1 Portas:

“Os tipos mais populares de portas de salas limpas são feitos de substratos sem emendas e com acabamento em plástico reforçado com vidro, laminado de plástico duro ou aço carbono tratado e coberto de forma adequada” (WHYTE, 2013). As portas são instaladas

com a abertura para dentro, com o objetivo de mante-se sempre fechadas com a ajuda da pressão positiva de dentro da sala, geralmente tem um sistema de autofechamento, a mesma podem ser instaladas alvenaria, *dry-wall* e divisórias. Há vários tipos de portas, como;

- **Portas simples ou duplas:** “Dobradiças em Aço Inox, vedação inferior retrátil ou regulável, maçaneta em alumínio ou aço inox, fechadura com opção de mestragem” (onde apenas uma chave abre mais de uma porta) (ASMONTEC ,2020). Um exemplo de porta simples, vemos na figura 12.

Figura 12: Porta simples de aço inox.



Fonte: Próprios autores (2020)

- **Portas de correr:** “Trilho em alumínio sob perfil de acabamento, roldanas em teflon, puxadores em aço inox, fechadura tipo bico de papagaio” (ASMONTEC, 2020).

2.1.4.2 Visores

Os visores da sala limpa é uma parte importante do projeto. Em um ambiente controlado, uma das coisas importantes é permitir que as pessoas vejam o interior da sala limpa sem acessos internos desnecessários, pois é fundamental limitar entrada de pessoas (ISODUR, 2016). Há visores;

- **Simple:** A estrutura interna é de alumínio ou aço inoxidável AISI 304, e o fundo são de sílica gel, que é selado por injeção de nitrogênio e sílica gel.

Podem ser instalados em divisórias, alvenaria ou *drywall* (ASMONTEC, 2020). Exemplo na figura 13.

Figura 13: Visores simples



Fonte: Próprios autores (2020)

- **Divisórias vítreas:** “Estrutura em tubo de alumínio branco RAL 9003 ou Aço Inox AISI 304, podendo ter acabamento inclinado para melhor limpeza dos materiais” ASMONTEC, (2020). Exemplo na figura 14.

Figura 14: Divisórias vítreas.



Fonte: Asmontec (2019)

- **Biombos:** Estrutura com proteção a impacto, com tubo especial de 50 mm feito de aço inoxidável AISI 304 (ASMONTEC, 2020). Exemplo na figura 15.

Figura 15: Biombo Tubular Aço Inox



Fonte: Asmontec (2020).

2.1.4.3 *Pass Through:*

São aberturas/caixas de passagem utilizadas para evitar contaminação cruzada, ou seja, não permitir que a matéria prima tenha contato com o produto final. Assim, os produtos podem ser transportados de um ambiente a outro sem que o funcionário de um setor adentre a outro (ASMONTEC, 2020). Existem duas maneiras de construir essas caixas, em aço pintado (como na figura 16) ou em aço inox.

Figura 16: *Pass through* em aço pintado.



Fonte: Próprios autores (2020)

2.2 SISTEMAS AVAC DE SALAS LIMPAS

Sistema AVAC (Aquecimento, ventilação e ar condicionado), também conhecido com HVAC , em inglês *Heating, Ventilating and Air Conditioning*. É o responsável de garantir conforto térmico ao ambiente. O mesmo tem grande importância para a filtragem do ar, pois ajuda a eliminar bactérias, mofo e fungos que podem vir a aparecer no ambiente. E como salas limpas devem ter o ar limpo suficiente para desfazer e renovar poluentes internos, o sistema tem grande importância para seu funcionamento (THORUS, 2020; ISODUR, 2016).

2.2.1 Sistema de ar para salas limpas:

Nas salas limpa de fluxo de ar não unidirecional, o nível de limpeza é definido pelo fluxo de massa do ar de insuflação, o ar que injetado na sala, (“quanto maior for o volume de ar insuflado em um determinado intervalo de tempo, mais limpa será a sala”) (ISODUR, 2016). Em uma câmara de fluxo unidirecional, a classificação depende de velocidade de insuflação e não da quantidade.

Esse volume ou velocidade de ar é definido em projeto, e devendo haver testagem ao longo de sua vida útil. Nas salas limpas o sistema de ar segundo a empresa de engenharia AVAC (2020) tem os seguintes objetivos;

Manter as pressões diferenciais entre as salas limpas, com a finalidade de limitar a transferência de contaminação, insuflar uma determinada vazão de ar filtrado, a fim de manter a concentração de contaminantes abaixo do limite especificado pela classe e limpeza, e manter as condições climáticas nas salas dentro das especificações (AVAC, 2020).

Há diversos sistemas de ar que são utilizados em salas limpas. Os que são responsáveis por tratar o ar antes de entrar no ambiente controlado são conhecidos com UTA (unidade de tratamento de ar), que se trata de um gabinete como vemos na figura 17. O mesmo é composto de ventiladores, trocadores de calor e filtros, tendo o objetivo de controlar a umidade e a filtragem do ar (EQUIPTECH, 2020; BOAS PRÁTICAS, 2016).

Figura 17: UTA (unidade de tratamento de ar)



Fonte: ISODUR (2020).

A Unidade de Tratamento de Ar (UTA) desenvolve as atividades relacionadas à circulação e extração de ar no ambiente. Pode ser composta por sistemas de aquecimento, resfriamento, filtragem, ventiladores mecânicos e componentes que permitem o controle de pressão, temperatura e umidade do ar do ambiente interno de produção (ANVISA, 2013). Todos com objetivo em comum, impedir contaminação por meio de partículas no ambiente.

As partículas são os maiores contaminantes das salas limpa. Esses pequenos fragmentos são considerados substâncias nocivas no ambiente controlado. As mais encontradas são as de poeira. “Há também a contaminação através de bactérias e microrganismos vivos e mortos” (ASMONTEC, 2018).

O tratamento de ar é realizado por diversos filtros, os primeiros são responsáveis por reter as maiores partículas, e assim por diante, os primeiros além dos mais importantes são os com maior custo benefício. Para que haja uma proteção maior deve-se utilizar o duto de entrada de captação de ar como podemos ver na figura 18. Uma vez que estão ligados as UTA (Unidade de tratamento de ar) tornam-se responsáveis pela entrada e saída do ar no ambiente. Embora, um UTA possa exercer tal função sem passar pelos dutos sua eficácia é reduzida. Tanto o ar captado do meio externo, recirculado é o descartado, devem passar pelos processos de filtragem, para que o produto desenvolvido no ambiente não seja contaminado, além disso, o UTA tem o intuito de manter condições de conforto, segurança e proteção aos operadores da sala. (ANVISA, 2013; ISODUR, 2020).

Figura 18: Dutos de ar condicionado sobre o forro.



Fonte: Próprios autores (2020).

O sistema de tratamento de ar deve seguir normas técnicas, tais como a NBR 1641 (ABNT, 2005), ISO 14644 e a ISO 14698 (ISO, 2005) entre outros meios de regulamentações e boas práticas exigidas nos ambientes limpos. Deve ser realizados monitoramentos, com o intuito de localizar partículas não barradas ou desenvolvidas por micro-organismos que possa vir a se desenvolver, se houver alguma quebra de algum protocolo, a análise das salas limpas devem atender aos requisitos para qual foi projetada. Os monitoramentos são feitos por testes e investigações no ambiente, para que sejam introduzidas ações preventivas e corretivas se necessário (ANVISA, 2013).

2.2.1.1 NBR/ISO 14644:2005

A NBR/ISO 14644 de 2005 afirma que: “contaminante é todo elemento particulado ou não, molecular ou biológico que pode afetar a qualidade do produto. Podem-se dividir esses contaminantes em dois grupos: fontes externas e internas”.

- **Fontes internas:** São as partículas de origem no ambiente interno, ou seja, são geradas pelas pessoas, por desgastes das superfícies de mobílias, equipamentos e pelo processo em si. (ASMORTEC, 2018)
- **Fontes externas:** São as partículas que tem origem na parte externa, e vem a entrar no ambiente por aberturas, que podem ter várias causas como portas ou janelas. (ASMORTEC, 2018)

3 ESTUDO DE CASO

Foi desenvolvido, por uma empresa especializada, um projeto de um edifício onde terá a produção de sólidos, como granulados que são medicamentos solúveis, comprimidos à formula sólida do pó medicamentoso, drágeas “bem similares aos comprimidos, a diferença está numa película externa, que impede a degradação dos seus compostos” (BIERNATH, 2018) e as cápsulas feitas de material gelatinoso, que reveste o pó medicamentoso.

O prédio foi dividido em 2 pavimentos, sendo térreo e superior. Neste projeto temos de montagem no pavimento térreo por volta de 3.300m² de divisórias e de 3.800m² de forro e no pavimento superior por volta de 2.400m² de divisórias e de 3.800m² de forro. O Projeto contém a montagem de 4 revestidoras, que são responsáveis por revestir o medicamento,, 37 ACP (antecâmara de pessoas) , 32 ACM (antecâmara de matérias), utilizadas para proteger o ambiente interno, 11 compressoras, usadas para transformar o pó medicamentoso em comprimidos, 14 salas de limpeza, 1 lavadora de Bins, responsável pela limpeza do reservatório de pó medicamentoso, 4 salas de preparo de solução, onde se prepara a solução medicamentosa, 5 linhas de embalagem, onde o produto final é embrulhado com embalagens de papel, 5 áreas de blistagem, onde o comprimido é embalado, 3 Armazenamentos verticais automatizados *SHUTLE* , responsável por armazenar e separar , 3 *STAGING's*, que são depósitos de matéria prima, 11 salas de descarregamento de *Bins*, 5 salas de manipulação, onde é preparado o a fórmula do medicamento, sendo 2 de manipulação úmida, 3 de manipulação seca, 3 salas de administração, 9 DML's (depósito de material de limpeza), 1 sala de sistema de água PW (água purificada) , 1 sala de coletor de pó, 8 salas de vestiários sendo 4 femininos e 4 masculinos, 3 salas de manutenção, 2 salas de documentação, 1 sala do *rack*, onde são colocados os equipamentos necessários para manter a rede ativa, como internet e telefone.

3.1 DESCRIÇÃO DE AMBIENTES E EQUIPAMENTOS DE PRODUÇÃO

- **ACP e ACM:**

“antecâmara: espaço fechado com duas ou mais portas, interposto entre duas ou mais áreas de classes de limpeza distintas, com o objetivo de controlar o fluxo de ar entre ambas, quando precisarem ser adentradas. A antecâmara é projetada de forma a ser utilizada para pessoas, materiais ou equipamentos” (ANVISA, 2010).

Ou seja, ACP, é o sistema utilizado para acesso controlado de pessoas e ACM é o sistema de acesso controlado da matéria prima. Nos dois casos, a função é resguardar o ambiente interno de possíveis interferências contidas no ar externo.

- **STAGING:** área de armazenamento seja de matéria prima ou outras substâncias, como podemos ver na figura 19, trata-se de um ambiente limpo e isolado contendo apenas uma porta.

Figura 19: Sala de *staging*.



Fonte: Próprios autores (2020).

- **Preparo de solução:** Sala onde é feita a pesagem nas quantidades necessárias para o preparo da solução medicamentosa, que segue normas de fabricação, com quantidade matéria-prima é documentada por ordem de produção do lote. Esta etapa é a última em que os operadores podem conferir as informações do fabricante.

- **BIN:**

BIN (também conhecido como *Inmediate Bulk Container, IBC*) é o recipiente de aço para o manuseio de pó para armazenar, transferir e misturar para contenção fechada. São muito fáceis de transferir e limpar. (MACHINERY, 2021). Podemos ver como é na figura 20.

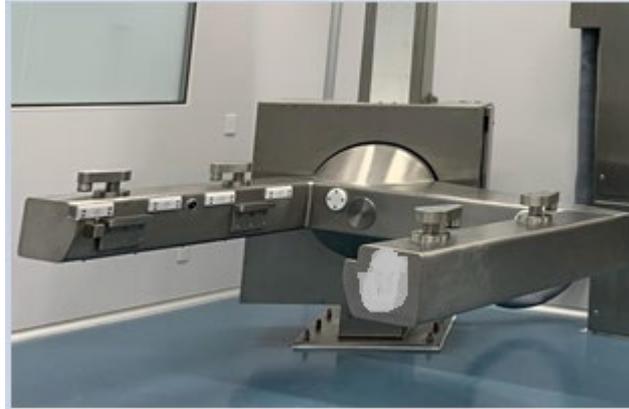
Figura 20: Bin.



Fonte: Próprios autores (2020).

- **Misturadora de BIN's:** Equipamento usado para o processamento da misturas de pós, em aplicações que requerem grandes índices de sanitariedade. O processo de mistura ocorre através do giro do BIN, de forma mecânica através do mecanismo, que consiste em dois braços (figura 20) que seguram o BIN, realizando giros rápidos. (ENGFARMA, 2010).

Figura 21: Misturadora



Fonte: Próprios autores (2020).

Após a mistura o, BIN segue para lavadora e a solução segue pro descarregamento.

- **Lavadora de BIN's:** é o equipamento responsável por automatizar a limpeza do reservatório de pó do medicamento. A lavadora garante que não haja contaminação de um pó medicamentoso para outro.
- **Descarregamento de BIN's:** é a área onde após o medicamento preparado, o mesmo vai para compressora. Ambiente responsável pela armazenagem do pó medicamentoso antes de se tornar comprimido.
- **Compressoras:** “As prensas ou compressoras de comprimidos são máquinas utilizadas para transformar pós ou grânulos, em comprimidos” (TECFAG, Sd). Ver figura 22.

Figura 22: Compressora:



Fonte: Próprios autores (2020).

- **Revestidoras:** a revestidora de comprimido (Figura 23) é responsável pelo processo que forma a película de cobertura protetora do medicamento (MEDERIBRASIL, 2019), que protege fisicamente e quimicamente o medicamento, evitando uma possível contaminação.

Figura 23: Revestidora.



Fonte: Directin (Sd).

- **Áreas de blistagem:** é a área usada para colocar o medicamento depois de feito em embalagem de metal, como na figura 24. Após passar por essa etapa, o medicamento vai pra a embalagem de papel.

Figura 24: Embalagem de metal.



Fonte: REDEAMBIENTACAO (2012).

- **Linha da embalagem:** É a etapa em que o medicamento passa pelo *blister* para ser colocado dentro da embalagem final para o consumo.
- **Armazenamento *SHUTTLE*:** É um sistema automatizado para armazenamento vertical e separação de produtos (NEI, Sd Responsável por organizar o produto final, em prateleiras, que garante um transporte rápido e flexível para as distribuidoras (ver figura 25).

Figura 25: Shuttle.



Fonte: MECALUX (2021)

3.2 MATERIAIS CONSTRUTIVOS E SUA MONTAGEM

Os componentes de montagem de salas limpas derivam de materiais específicos que apresentam propriedades como resistência a oxidação de agentes corrosivos, promoção da maior quantidade possível de vedação e estanqueidade para que não haja transmissão de agentes contaminantes do processo de fabricação.

3.2.1 Materiais de montagem de divisória:

- **Perfil “U” de piso:** (figura 26) deve ser de alumínio (não suscetível a corrosão) e deve ser utilizado na marcação do piso para montagem das divisórias. Serve de “trilho” ou guia, facilitando alinhamento e esquadrejamento;

Figura 26: Perfil U de piso



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Cantoneiras de Travamento:** em de alumínio, utilizadas para travamento dos cantos em 90° entre painéis, sendo utilizada tanto na vertical como na horizontal, fixando-se no forro para permitir alinhamento e travamento dos painéis de divisórias com os de forro, ver figura27.

Figura 27: Cantoneira de travamento.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Cantoneira de Acabamento:** utilizada nos cantos externos dos painéis, em alumínio, pintada seguindo a cor RAL¹ 9003, podemos ver na figura 28.

Figura 28: Cantoneira de acabamento.



Fonte: HOMENEY(2021).

¹ O sistema de cores RAL, é um catálogo universal, que diversas indústrias utilizam para manter uma padronização.

- **Perfil “U” de Acabamento:** É uma barra de alumínio com a função de dar acabamento em chapas de cobertura de policarbonato. Possui proteção para as fitas de vedação além de uma maior qualidade na estética do ambiente. Podem ser encontrados nas cores Branco, Bronze, Natural e Preto e sua espessura é de 4mm, 6mm e 10mm (ACTOS, 2021), ver figura 29.

Figura 29: Perfil U de acabamento.



Fonte: Próprios autores (2020)

3.2.2 Materiais de montagem de forro:

- **Barras roscadas:** são barras metálicas galvanizadas, com dimensões 5/16 e 3/8. Peças que deve ser fixada na laje por chumbador mecânico, dando sustentação à estrutura metálica que suportará as placas do forro, figura 30.

Figura 30: Barra roscada.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Perfil C de laje:** “U da Alemanha”: permitir ajuste de altura e de alinhamento dos perfis de montagem do forro, figura 31.

Figura 31: Perfil C de laje.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Perfil T:** Fabricado em alumínio extrusado recebe pintura eletrostática na cor RAL 9003, suporta em sua aba dois painéis promovendo alinhamento e sustentação das placas, ver figura 32.

Figura 32: Perfil T.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Chapas de travamento de forro:** Chapa em alumínio galvanizado que é dobrada e parafusada na parte superior do painel e no perfil T, impedindo a movimentação e desalinhamento do painel, ver na figura 33.

Figura 33: Chapa de travamento.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Cantoneiras 50x50:** promover travamento e principalmente vedação nos perímetros do forro sala limpa (figura 34)

Figura 34: Cantoneiras 50x50.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.2.3 Materiais de acabamento:

Os materiais utilizados na construção das salas de produção possibilitam a limpeza e manutenção a fim de evitar contaminação cruzada, acúmulo de poeira e sujeira. As áreas apresentam espaço suficiente para a instalação ordenada de equipamentos e materiais, de modo a facilitar a manutenção e as operações.

- **Canto arredondado:** facilitar limpeza das áreas, evitando a criação de cantos ortogonais que acumulam sujeira, deve possuir anodização fosca ou anodizado inox como os utilizados nos *shafts Reintech* ou ainda em chapa inox dobrados possui Raio 50mm, mas dependendo do uso pode apresentar variações, figura 35.

Figura 35: Canto arredondado.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Conchas de 3 lados:** material idêntico ao do canto arredondado; usado para arremate nos encontros de peças de canto arredondado (pisos e subida), figura 36.

Figura 36: Concha de 3 lados.



Fonte: Próprios autores (2021).

- **Silicone neutro:** A vedação entre as divisórias s é feita em silicone especial que proporciona um ótimo acabamento e grande segurança cor do silicone deve estar de acordo com material ou painel específico da sala (branco para áreas brancas e cinza para áreas em inox) (ISODOR, 2021), podemos ver na figura 37.

Figura 37: Silicone neutro.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.3 EXIGÊNCIAS DO PROJETO E SUAS CARACTERÍSTICAS

3.3.1 Divisória sala limpa:

As paredes divisórias foram feitas em painéis lisos modulados tipo “sanduíche” (figura 38) composto por um núcleo isolante em Poliisocianurato (PIR) com retardante a chama classe R1, conforme NBR 15366 (ABNT, 2006).

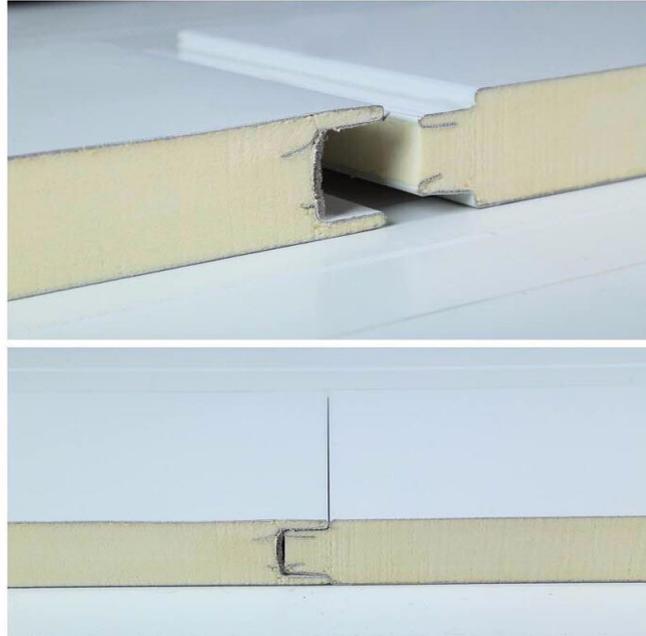
Figura 38: Pannel tipo "sanduiche"



Fonte: Próprios autores (2021).

Com massa específica aparente moldada entre 38 e 42kg/m² e revestimento branco fosco (RAL 9003) nas duas faces com espessura 0,65mm, com sistema de junção longitudinal através de encaixe do núcleo tipo macho/fêmea (figura 39), o que garante uma união considerada perfeita, além de conferir estanqueidade nos painéis. Possuem resistência térmica de até 90°C.

Figura 39: Encaixe de painel tipo "sanduiche".



Fonte: Sf. Technology (2021).

As dimensões dos painéis foram de 1,20 m de largura e a altura variada conforme pé direito do ambiente. Todos os painéis foram fixados com perfis metálicos tipo “U”, sobre o piso em peça pré-fabricada de concreto de 50x50x100mm, como podemos ver na figura 40. Os cantos verticais, teto e parede possuem acabamentos arredondados de 50mm em perfis de alumínio anodizado, com pintura eletrostática na cor branco (RAL 9003). Os filmes de proteção das placas foram aplicados após a fabricação e mantidos até sua instalação para proteger contra danos físicos. Todas as peças tiveram um cuidado especial na armazenagem antes da instalação, sendo sempre mantidas em locais limpos e secos para garantir sua integridade.

Figura 40: Painel já fixado.



Fonte: Próprios autores (2021).

3.3.1.1 Acabamento.

Para os encontros (quinas vivas) dos painéis foi previsto perfil metálico pintado na cor branca (RAL 9003) com todos os arremates feitos em silicone acético da mesma cor para frisos de painéis. Todo o acabamento dos painéis seguiu as especificações;

- Painel em chapa lisa de aço galvanizado com isolamento PIR, espessura de 50mm e pintura epóxi em ambas as faces. Cor Branco RAL 9003 (figura 41): utilizados na montagem de divisória e forro falso em áreas de produção, áreas administrativas e circulações.

Figura 41: Painel branco.



Fonte: Próprios autores (2020).

- Painel em chapa lisa de aço galvanizado com isolamento PIR, espessura de 50mm revestimento em chapa inox AISI 304 (conhecido como 18-8, é o aço mais popular e utilizado no mercado, também pode ser denominado de aço 304 ou aço 18/18, possui 18% Cromo e 8 % Níquel na sua composição química), espessura 1,5mm nas duas faces espessura 0,65mm: utilizados em divisórias entre áreas de limpeza e produtivas que necessitam de elevado grau de sanitização e rígido controle de higiene. Por ser inerte o aço inoxidável não reage com outros materiais, não guarda odores nem se altera quando entra em contato com compostos químicos. (Figura 42).

Figura 42: Painel em inox.



Fonte: Próprios autores (2020).

- Painel em chapa lisa de aço galvanizado com isolamento PIR espessura de 50mm e revestimento numa face em chapa inox AISI 304, espessura 1,5mm e na outra face pintura epóxi. Cor Branco RAL 9003: utilizadas em divisória e forro falso em salas de limpeza e de produção que fazem divisa com áreas comuns que não necessitam de uso de aço inox.(figura 43)

Figura 43: Pannel branco e em inox.



Fonte: Próprios autores (2020).

3.3.2 Estanqueidade e Vedação;

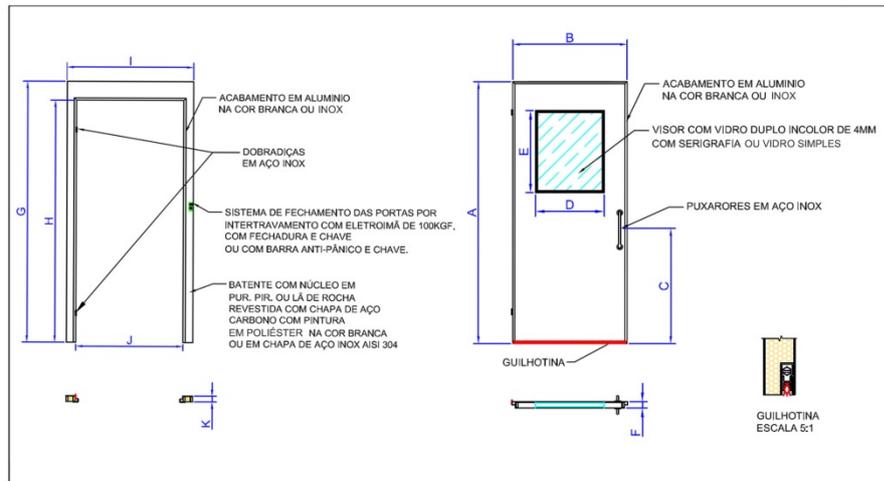
- Os conjuntos de forro, divisórios e acessórios tiveram que apresentar rigorosa estanqueidade, inclusive nos recortes para passagem de equipamentos de processo através das divisórias. Para obter essa estanqueidade, os montantes e junções foram rigorosamente selados com silicone e tratados com revestimento epóxi para homogeneidade da superfície e acabamento adequado nos padrões sanitários exigidos para salas limpas.

3.3.3 Esquadrias

O fabricante das esquadrias tiveram que elaborar um detalhamento de fabricação para todas as peças (como na figura 44) , utilizando como referência o projeto de arquitetura. Uma vez aprovado pelo projetista da arquitetura, o detalhamento foi liberado para execução. Nesses desenhos estavam todas as informações que permitam o perfeito entendimento das orientações como fixação e ancoragem, calços, parafusos, buchas e chumbadores, selamentos, dimensões principais e crítica, folgas, juntas, posição de parafusos, fixações e montagem das esquadrias, além das especificações básicas indicativas de materiais, ligas, acessórios, etc.

Figura 44: Detalhamento de esquadria

ESTRUTURA PORTA SIMPLES PSL



Fonte: ISODUR (2020).

As gaxetas (figura 45) são borrachas que foram fabricadas para garantir desempenho correto, em função do sistema escolhido para esquadria. As dimensões foram cuidadosamente definidas para garantir vedação dos caixilhos. Para limpeza as esquadrias tiveram que ser protegidas, durante a obra, com mantas plásticas envolvendo os perfis, assim evitando danos. A gaxeta é uma espécie de anel, normalmente fabricado a partir de um elastômero ou termoplástico, que possui um ou mais lábios flexíveis, e é utilizado na vedação de diferentes sistemas industriais. É utilizada comumente na vedação entre duas peças, e também pode ser denominada de vedação automática, pois é capaz de vedar através da sua própria pressão, contra às peças (ASALIT, 2015).

Figura 45: Gaxetas



Fonte: ASALIT. (2015).

3.3.4 Alçapões de aço

Para as áreas técnicas, os alçapões (figura 46) foram confeccionados em aço com tratamento anti-ferrugem e pintura de esmalte sintético acetinado na cor grafite, utilizando espessuras adequadas às dimensões destas esquadrias para estruturação das chapas.

Figura 46: Alçapão de aço



Fonte: Próprios autores (2020).

3.3.5 Acessórios

Todos os acessórios são de embutir para evitar a contaminação e vedados com silicone específico que possui a função de estanque. As luminárias (figura 47) são específicas para a dimensão do painel e sua manutenção pela parte superior do forro para evitar possíveis contaminações como poeira ou algum resíduo.

Figura 47: Luminárias.



Fonte: Próprios autores (2020).

As caixas de hidrantes (Figura 48) possuem porta em aço inox para evitar possível oxidação que possa ocorrer pelo contato direto com água.

Figura 48: Caixa de hidrante.



Fonte: Próprios autores (2020).

3.3.6 Visores de vidro duplo em painel Sala limpa

Visores de vidro (figura 49) duplo 6 mm (temperado), instalados em perfil de aço inox 304 escovado, chegando à espessura total do painel (50 mm), conforme detalhes apresentados no projeto, visando aumentar a visibilidade entre as áreas controladas

Figura 49: Visor duplo.



Fonte: Próprios autores (2020).

O estanque (vedação entre os vidros) é feita com aplicação de gás inerte e sílica nos visores através de entradas nas partes inferiores (figura 50) e os acabamentos com aplicação de silicone acético branco. O gás aplicado é responsável por não deixa que o vidro embace e dificulte a visão de um ambiente para outro.

Figura 50: Entrada para gás.



Fonte: Próprios autores (2020).

3.3.7 Portas;

- **Simples:**

Portas simples padrão salas limpas, (Figura 51) com folha de espessura padrão 50 mm, revestidas em ambas as faces com chapas de aço pré-pintadas, lisas, na cor branco (RAL 9003), com isolamento em PIR (Poliisocianurato), com visor duplo em vidro laminado

transparente 6mm e batente em aço inox 304 escovado dupla vedação, estruturado com quadro interno de aço inox 304, fixado com fita dupla face de alta aderência, interior preenchido com gás inerte e sílica gel. Dobradiças em aço inox polido com pinos de reforço e rodo de vedação na parte inferior da porta com regulagem. Maçaneta em aço inox escovado 304 sem cilindro.

Figura 51: Porta simples



Fonte: Próprios autores (2020)

- **Duplas.**

Portas duplas (figura 52) padrão salas limpas, com folha de espessura padrão 50 mm, revestidas em ambas as faces com chapas de aço pré-pintadas lisa na cor branco RAL 9003, seguindo as mesmas especificações da porta simples.

Figura 52: Porta dupla**Fonte: Próprios autores (2020)**

3.3.8 Piso epóxi

Foi executado piso monolítico espatulado, tipo *multilayer* quartzo (revestimento de alto desempenho) colorido policromático na tonalidade azul (figura 53) com acabamento selado por resina epóxi translúcida de alta transparência, espessura de 4mm., com camada final de verniz incolor translúcido brilhante a base de resina poliuretânica alifática. Os rodapés foram todos curvos com raio 50mm mesmo material do piso. Nas áreas de instalação de divisórias, foram previstas instalação de rodapé curvo (raio 50 mm) em massa epóxi moldado *in loco* e com aplicação de pintura epóxi na cor azul 500micras (tonalidade igual ao existente), nas áreas de execução de futuras alvenarias, foram executados rodapés de mesmo material.

Figura 53: Piso *multilayer*.



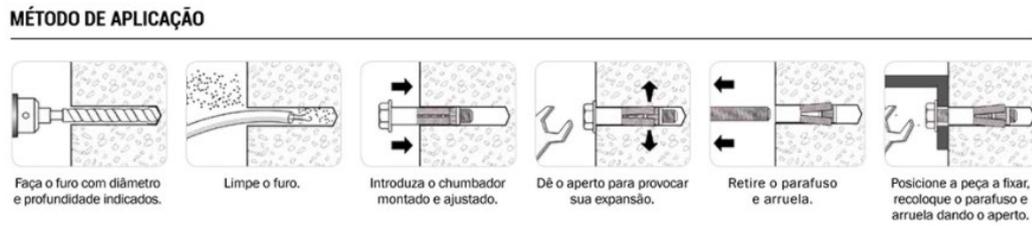
Fonte: Próprios autores (2020).

O Piso epóxi *multilayer* é classificado como um revestimento de alto desempenho, indicado a inúmeros ambientes industriais. Este revestimento consiste na aplicação de camadas sobrepostas de argamassa composta por polímeros epóxi adicionados a cargas minerais de alta dureza, intercaladas por aspersão de quartzo que se incorporam à argamassa por gravidade, propiciando assim maior dureza, regularidade e espessura ao piso industrial. Ver informações na página 22.

3.3.9 Forro em painel

A montagem do forro inicia-se com a fixação dos tirantes (barra roscada) em laje ou estrutura metálica. Em lajes utiliza-se o chumbador CBA (Parabolt) em que se introduz o tirante no lugar do parafuso e realiza-se o aperto da jaqueta metálica que se expande no local do furo (figura 54). Na estrutura metálica pode-se fura-la caso haja permissão do projetista, ou utilizar peças de apoio chamadas de grampo C ou Balancim, que se apoia na estrutura por parafuso de aperto e suporta o tirante lateralmente. Na figura 52 podemos ver o passo a passo do método de aplicação dos parafusos no painel.

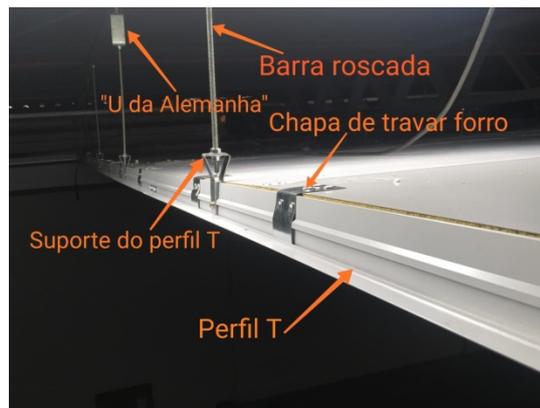
Figura 54: Piso



Fonte: TRAY (Sd).

Entre tirante e forro utiliza-se o perfil C de laje ou U da Alemanha, que permite a regulagem do perfil T e chapas internas de travamento. Para interligar tirante e Perfil T, utiliza-se uma peça em alumínio parafusada na alma do perfil, com um furo em sua parte superior por onde se atravessa e trava o tirante. Na figura 55, tem uma demonstração de como é montado o forro.

Figura 55: Esquema de montagem do forro.



Fonte: Próprios autores (2020).

O bolachão é uma chapa de alumínio de 200x200mm com uma porca com as dimensões do tirante utilizado, soldada em uma das faces e centralizada. Em sua instalação, retira-se uma parte do material isolante do painel, faz-se um furo na face superior e encaixa-se a chapa na porção do isolante removido. Ao montar o painel em sua posição, o tirante atravessa o furo do painel e é rosqueado na porca do bolachão que se encontra no interior do painel. Na face superior do painel (Figura 56), também utiliza-se outra chapa de alumínio de 100x100mm com furo central das dimensões do tirante, que o atravessa, e também é parafusado na chapa superior do painel nos 4 cantos com parafusos autobrocantes.

Figura 56: Face superior do painel.



Fonte: Próprios autores (2020).

Feito isso, dobra-se uma chapa fina de alumínio que trava perfil T e painel, denominada de chapa de travamento de forro, dobrada em 90° de modo que esteja parafusada no Perfil T (Figura 57) e na chapa superior do painel de forro com parafusos autobrocantes.

Figura 57: Forro



Fonte: Próprios autores (2020).

Por fim, contornando o forro, é parafusada tanto na alvenaria ou nos painéis do perímetro uma cantoneira de 50x50mm em chapa galvanizada, que finaliza o travamento e

garante maior vedação para a parte interna do ambiente no qual o forro foi montado, com a figura 58 podemos ver o forro já acabado.

Figura 58: Forro acabado.



Fonte: Próprios autores (2020).

3.3.10 Transporte e armazenamento dos painéis:

Os painéis são descarregados manualmente ou por empilhadeira, sendo que com o equipamento pode-se ter maior produtividade. São armazenados em áreas abertas (Figura 59), pois possuem embalagem e proteção que permitem certa exposição ao tempo, como pedaços de isopor e papel pardo tipo *kraft*, além de envelopamento em plástico em toda o entorno do palhete (figura 60 podemos ver a descarga dos painéis encima de isopores, para que não tenha contato direto com o chão)

Figura 59: Armazenamento dos painéis.



Fonte: Próprios autores (2020).

Figura 60: Descarga de painéis.



Fonte: Próprios autores (2020).

Para movimentação, utiliza-se trabalho manual dos colaboradores, que abrem os palhetes e organizam os painéis em carrinhos plataforma, separados conforme numeração que vem de fábrica.

Para içamento aos pavimentos superiores, é necessário um auxílio de caminhão guindaste com cinta larga apta para uso, protegendo-se os cantos das placas de amassamento com pedaços de madeira por dentro das cintas. Dependendo da dimensão, é preciso o uso de contrapeso para contrabalançar a carga.

3.3.11 Sustentabilidade:

Em todo sistema construtivo a pros e contas o desperdício de painéis é um ponto bastante significativo, pois em sua montagem não pode haver arranhões ou amachados em sua placa e qualquer um desses acontecimentos gera a perda de todo painel, há muitos recortes como de visores e luminárias, dependendo do dia da montagem gera uma perda maior, devido a isso o local onde é estocado o painel é muito importante para evitar qualquer imprevisto. Não pode ser estocado diretamente ao chão ou de baixo de sol e chuva. A mesma coisa com os perfis, pois são matérias nobres extremamente delicados e sua montagem deve ser impecável.

3.3.12 Mão de obra:

A mão de obra de montagem é constituída de;

- **Supervisor:** responsável pela interface com o cliente e demais terceiros de outras disciplinas. Gerencia e orienta as equipes de montagem para que seja executado no menor prazo e custo possível, otimizando o uso de materiais e desenvolvendo soluções que atendam as necessidades do projeto.
- **Montador:** profissional mais experiente que lidera as execuções. Recebe as informações e discute com supervisor a melhor maneira de se executar o projeto. Instrui demais colaborador de campo para auxiliá-lo nas necessidades de montagem.
- **Montador inicial ou meio oficial:** colaborador com algum tempo de atuação, possui noção do procedimento de montagem, uso de ferramentas, medições e corte de painéis e perfis.
- **Auxiliar de montagem ou ajudante:** colaborador que possui nenhuma ou pouca experiência de montagem. Responsável por fornecer insumos e materiais ao montador inicial e montador, movimentar painéis e demais assistências necessárias em campo. Geralmente responsável por realizar acabamentos até que adquira conhecimento necessário para ser promovido.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS:

Através do estudo realizado é possível perceber a importância do ambiente controlado, sua normatização, história e construção, não só para a indústria farmacêutica, mas para outros setores, que buscam executar seus projetos através do método construtivo, que é adaptável a suas necessidades com elevada produtividade e baixa geração de resíduos. Com essa compreensão vem a importância da expansão desses ambientes para mais tipos de mercados, surge a necessidade de adaptar os produtos já existentes e que não são fabricados com a qualidade que poderiam ter.

Como demonstrado pelo conceito de funcionamento do sistema de tratamento de ar, percebe-se a complexidade que rege o funcionamento dos ambientes limpos, bem como o layout é definido em função da sequência de produção e das necessidades dos demais sistemas que devem funcionar em conjunto.

Pelo fato do padrão da construção de uma sala limpa ainda não ser tão conhecido, pelo público geral e no próprio campo da engenharia, o mercado possui uma clientela específica, devido a esse fato o campo em geral do ambiente controlado possui um grande área para futuros desenvolvimento, tanto nos materiais de montagem como em acabamentos, que tem a necessidade de reduzir o desperdício de peças e insumos, mesmo já existindo casos em que o conceito de montagem ideal se aplica, através do uso das peças de painéis e perfis pré-fabricados nas medidas exatas em que será instalado em campo, o que evita o problema de perda elevada aconteça, ainda é uma realidade distante da grande maioria das obras. Pois geralmente necessitar de fornecedores de materiais importados, mão-de-obra altamente especializada, tornando o projeto de custos ainda mais elevados.

Com a popularização do uso de painéis isotérmicos que vem acontecendo, para áreas internas, revestimentos externos e envelopamentos de obras, o processo de busca contínua dos fornecedores vem crescendo, tendo como argumento a redução do tempo de execução o que providencia adiantamento no tempo de entrega e consequentemente ganhos ao cliente, que ganhará tempo de funcionamento e faturamento em seu negócio, contrapondo-se ao fator de maior recusa de uso desde modelo de construção que seriam os custos de material e mão de obra. Aliado a isso pode-se afirmar que a obra será limpa não só internamente, propiciando vedação e estanqueidade mas também na quantidade de resíduos gerados, na maior facilidade no descarte, por não haver necessidade do uso de água e de grandes áreas de estocagem dos materiais utilizados.

. Dependendo da alvenaria convencional que é desenvolvida, podemos ter uma economia na montagem/construção desses ambientes limpos, mas as despesas que existirão em relação à manutenção da classificação aérea, medidas preventivas de trabalho e outros problemas serão mais altos que painéis isotérmicos.

Conclui-se que, devido à agilidade no processo de montagem, instalações em futuras mudanças de design, a durabilidade de painéis isotérmicos e outros fatores positivos para os tipos de indústrias variadas, a construção de ambientes controlados é um campo de grandes expectativas para o futuro.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14644-1: Salas limpas e ambientes controlados associados Parte 1: Classificação da limpeza do ar. Rio de Janeiro- Rj: Abnt Editora, 2005. 33 p. Acesso em 21 out 2020, às 15h21min.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Guia da qualidade para sistemas de ar e monitoramento ambiental na Industria Farmacêutica. Ed.1. Brasília. 2013.

ANVISA. Ministério da Saúde, RESOLUÇÃO RDC Nº 17, DE 16 DE ABRIL DE 2010. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0017_16_04_2010.html. Acesso em: 28 Feb. 2021.

ASALIT. 2015. Gaxetas de vedação: o que é e como escolher a correta | Asalit.com.br. Disponível em: <https://asalit.com.br/gaxetas-de-vedacao-o-que-e-e-como-escolher-a-correta/>. Acesso em: 25 Par. 2021 as 11:00.

ASMONTEC. EMPRESA 2020. Disponível em: <https://asmontec.com.br/empresa/>. Acesso em: 12 out. 2020, as 01h21min.

_____. HISTÓRIA DA SALA LIMPA: do surgimento aos tempos atuais. DO SURGIMENTO AOS TEMPOS ATUAIS. 2017. Disponível em: encurtador.com.br/mMV36 Acesso em: 21 set. 2020, as 14h00min

_____ Linha Vítrea para Salas Limpas - do Projeto à Implantação | Amonte. ASMONTEC | Salas Limpas. Disponível em: <https://asmontec.com.br/produtos-para-sala-limpa/linha-vitrea/>. Acesso em: 23 Nov. 2020. Às 17h19min

_____ Portas para Salas Limpas - Asmontec 20 Anos de Experiência. ASMONTEC | Salas Limpas. Disponível em: <https://asmontec.com.br/produtos-para-sala-limpa/portas/>. Acesso em: 23 Nov. 2020 às 17h12min.

_____ Produtos para Salas Limpas: conheças os principais e sua funcionalidades. ASMONTEC | Salas Limpas. Disponível em: <https://asmontec.com.br/produtos-para-salas-limpas/>. Acesso em: 23 Nov. 2020. Às 17h18min.

_____. SALA LIMPA OU SALA CLASSIFICADA: qual a diferença?. QUAL A DIFERENÇA?. 2017. Disponível em: <https://asmontec.com.br/sala-limpa-ou-sala-classificada-qual-a-diferenca/>. Acesso em: 19 out. 2020, às 14h30min.

_____ Pass Through para salas limpas - Asmontec 20 anos. ASMONTEC | Salas Limpas. Disponível em: <https://asmontec.com.br/produtos-para-sala-limpa/pass-through/>. Acesso em: 23 Nov. 2020, às 15h21min.

AVAC, Engenharia. Sistemas de ar para Salas Limpas. 2020. Disponível em: <http://avac.nortti.net/sistemas-de-ar-para-salas-limpas/>. Acesso em: 08 nov. 2020, as 15h55min.

BIERNATH, ANDRÉ. Qual a diferença entre comprimidos, drágeas e cápsulas? Veja Saúde. 2018 Disponível em: <https://saude.abril.com.br/medicina/qual-a-diferenca-entre-comprimidos-drageas-e-capsulas/>. Acesso em: 10 Mar. 2021, às 17h21min.

BOAS PRÁTICAS, Portal Boas. Conheça os sistemas de ar condicionado para salas limpas e os requisitos de projeto. 2016. Disponível em: <http://boaspraticasnet.com.br/conheca-os-sistemas-de-ar-condicionado-para-salas-limpas-e-os-requisitos-de-projeto/>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 17h19min.

DIRECTIN, Industry. Sd. Revestidora para comprimidos Yenchen Machinery Co., Ltd. Sd, <http://twitter.com/DirectIndustry>, disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/yenchen-machinery-co-ltd/product-104455-1639145.html>. Acesso em: 14 Mar. 2021, às 15h36min.

DONATELLI, Liliana. Pasteur, os micróbios e a higiene das mãos - Blog Biossegurança | Cristófoli. Blog Biossegurança | Cristófoli. 2016 Disponível em: <https://www.cristofoli.com/biosseguranca/pasteur-os-microbios-e-a-higiene-das-maos/>. Acesso em: 9 Dec. 2020 as 19h19min

ENGFARMA. 2010. Engfarma.com.br. Disponível em: <http://www.engfarma.com.br/index.php?route=dica/processo-de-mistura-em-misturadores-bins>. Acesso em: 14 Mar. 2021, as 17h12min.

EQUIPTECH. Fabricação e instalação completa de Sala Limpa: uta | unidade de tratamento de ar. UTA | Unidade de Tratamento de Ar. 2020. Disponível em: <https://www.equiptech.com.br/sala-limpa>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 17h16min.

FK Revestimento epóxi. Sd .Soluções Industriais: piso espatulado epóxi. PISO ESPATULADO EPÓXI. 2020. Disponível em: encurtador.com.br/jpBUW. Acesso em: 08 nov. 2020, às 13h20min.

GREENBAUM, Perry J. Joseph Lister. Sd. Father of Antiseptic Surgery. Blogspot.com. Disponível em: <https://perryjgreenbaum.blogspot.com/2011/04/joseph-lister-father-of-antiseptic.html>. Acesso em: 29 Nov. 2020, às 17h55min.

HOMENEY. 2021.Cantoneira Alumínio p/ Canto Parede 3/4 - 19mm x 19mm. Homeney. Disponível em: <https://www.homeney.com/li-cantoneira-aluminio-p-canto-parede-34-19mm-x-19mm>. Acesso em: 21 Apr. 2021 as 20:15.

ISODUR. Sd COMO DEFINIR OS VISORES DE SALAS LIMPAS. Como definir os visores de salas limpas? – Isodur Soluções em Salas Limpas. Isodur Soluções em Salas Limpas. Disponível em: <https://isodur.com.br/como-definir-os-visores-de-salas-limpas/>. Acesso em: 23 Nov. 2020. às 17h17min.

_____ Soluções em Salas. Seu processo produtivo está adequado às normas de salas limpas ? Campinas - Sp: Isodur,. 40 slides, color. Disponível em: encurtador.com.br/moryQ . Acesso em: 21 out. 2020, as 14h:22min.

_____ Soluções em Salas. 05 Principais Maneiras de Manter a Qualidade do Ar em Áreas Limpas. Campinas- Sp: Isodur, S.D. 29 slides, color. Disponível em: encurtador.com.br/AHM26. Acesso em: 08 nov. 2020, às 16h27min.

_____ UTA. 2020. Disponível em: <https://isodur.com.br/uta-5-2/?lang=es>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 17h28min.

_____.2020.**Porta para sala limpa** – Isodur Soluções em Salas Limpas. Disponível em: <<https://isodur.com.br/produtos-para-sala-limpa/porta-para-sala-limpa/#1511650751006-faf3620e-ddbf>>. Acesso em: 12 Apr. 2021 as 12:48.

ISOESTE, Isoeste Construtivos. Isoeste: painéis isotérmicos isojoint. Painéis Isotérmicos isojoint. 2020. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/isoeste_wallpur.pdf. Acesso em: 08 nov. 2020, às 13h37min.

KINGSPAN. Landing Page - Painel Isojoint® Frigo SL | Kingspan Isoeste. Kingspan Isoeste. Sd Disponível em: <https://kingspan-isoeste.com.br/landing-page-painel-isojoint-frigo-sl/>. Acesso em: 2 Nov. 2020, as 18h56min

LATICRETE- Sistema de Pintura de Alta Espessura (Solepaint). São Paulo- Sp: Laticrete Solepox, 2015. P&B. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2itbV9-Oktg>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 13h20min.

MACHINERY, Yenchen. 2021. READY-MARKET ONLINE CORPORATION BIN (IBC) e Sistema BIN. YENCHEN MACHINERY CO. LTD. Disponível em: https://www.yenchen.com.tw/pt/product/bin-ibc_bin_system-165.html. Acesso em: 14 Mar. 2021, às 17h07min.

MASSI Viviane. Sd Normas e tecnologias empregadas em salas limpas da indústria farmacêutica. Ictq.com.br. Disponível em: encurtador.com.br/giuF6. Acesso em: 2 Nov. 2020, às 13h07min.

MECALUX. 2021. Armazém automático chave na mão para o gigante farmacêutico japonês Takeda. Mecalux.com.br. Disponível em: <https://www.mecalux.com.br/casos-praticos/armazem-automatico-gigante-farmacaceutico-takeda-polonia>. Acesso em: 14 Mar. 2021, às 17h43min.

MEDERIBRASIL. Revestidora de comprimidos e os impactos na produção. 2019. Disponível em: <https://mederibrasil.com/Revestidora-de-comprimidos-e-os-impactos-na-producao>. Acesso em: 24 Fev. 2021, às 19h29min

NBR ISO 14644-1: Salas limpas e ambientes controlados associados - Classificação da limpeza do ar. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 16401: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e Unitários. Rio de Janeiro, 2017.

NS BRAZIL. APLICAÇÃO DE PISO EPÓXI AUTONIVELANTE - NS BRAZIL. Sd. Título: Aplicação de piso epóxi autonivelante - NS Brazil. Google.com. Disponível em: encurtador.com.br/jlnG6. Acesso em: 2 Nov. 2020. As 18h14min.

OLIVEIRA, Eng. Tadeu F. de. INTRODUÇÃO SOBRE ÁREAS LIMPAS E EQUIPAMENTOS ASSOCIADOS. Rio de Janeiro: Rms Group, 2020. 94 slides, color. Disponível em: encurtador.com.br/evDGO. Acesso em: 18 out. 2020, as 12h45min.

PAPE, Nidia Correia. Acabamentos para salas limpas. 2020. Disponível em: [http://www.nascecme.com.br/artigos/34\[2\].materiais.pdf](http://www.nascecme.com.br/artigos/34[2].materiais.pdf). Acesso em: 25 out. 2020, às 18h14min.

REDEAMBIENTACAO. 2012. Você sabe onde descartar aquela embalagem de comprimido? Wordpress.com. Disponível em: <https://redeambientacao.wordpress.com/2012/03/01/descartar-embalagem-comprimido/>. Acesso em: 4 Apr. 2021, às 18:11.

RIO PRETO, Divisórias Rio. Forro Aramado. 2020. Disponível em: <https://www.divisoriasriopreto.com.br/portal/forro-de-gesso>. Acesso em: 08 nov. 2020, as 15:05.

SUNFIX. PLANK HOOK-ON. 2020. Disponível em: <http://www.sunfix.com.br/produtos-arquiteticos-forros.php?menu=produtos&submenu=forros>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 14h15min.

TECFAG. Como funciona uma compressora de comprimidos? - Grupo Tecfag. Sd. Disponível em: <https://grupo.tecfag.com.br/blog/como-funciona-uma-compressora-de-comprimidos/>. Acesso em: 24 Fev. 2021, às 19h40min.

THORUS, Engenharia. O que é e como funciona o sistema AVAC? 2020. Disponível em: <https://thorusengenharia.com.br/o-que-e-e-como-funciona-o-sistema-avac/>. Acesso em: 08 nov. 2020, às 15h43min.

TRAY Sd. tecnologia.Sd. Parabolt Inox Chumbador PBA 3/8 x 3.3/4 Com Arruela e Porca Ancora - Outdoor Equipamentos. Outdoorequipamentos.com.br. Disponível em: <<https://www.outdoorequipamentos.com.br/equipamentos-altura/ancoragem/chapeletas-parabolt/parabolt-inox-chumbador-pba-38-x-3-34-com-arruela-e-porca-ancora>>. Acesso em: 25 Apr. 2021 as 11:27.

WHYTE, WILLIAM. Tecnologia de salas limpas: fundamentos de projeto, ensaios e operação. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013, as 17h36min.

WORDPRESS. Charnley Operating. 2014. Disponível em: encurtador.com.br/bKS18. Acesso em: 15 set. 2020, às 00h28min.