

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

**EDMILSON MARCHIONI FILHO**

**Desenvolvimento de um modelo de  
otimização da ocupação de escritórios  
corporativos**

**Versão Corrigida**

São Paulo  
Dezembro de 2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

**EDMILSON MARCHIONI FILHO**

**Desenvolvimento de um modelo de  
otimização da ocupação de escritórios  
corporativos**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do  
título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Desempenho,  
tecnologia e gestão de sistemas prediais.

Orientador: Orestes Marracini Gonçalves

São Paulo  
Dezembro de 2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Assinatura do autor: \_\_\_\_\_

Assinatura do orientador: \_\_\_\_\_

### Catálogo-na-publicação

Marchioni Filho, Edmilson

Desenvolvimento de um modelo de otimização da ocupação de escritórios corporativos / E. Marchioni Filho -- versão corr. -- São Paulo, 2023.

133 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Escritórios Corporativos 2.Workplace 4.Ocupação de Espaços  
5.Programação Linear I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.  
Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

## Dedicatória

A meus pais que sempre me incentivaram a busca de conhecimento, crescimento pessoal e intelectual, e a minha família que compreendeu a necessidade de esforço e dedicação ao longo do período de elaboração desse trabalho, onde busquei conciliar as atividades profissionais e a vida em família.

## Agradecimento

Ao Professor Dr Orestes Marracini Gonçalves, que compartilhou muito do seu conhecimento, me ensinando, me apoiando, e me desafiando a desenvolver o melhor trabalho que pude concretizar em minha vida.

Ao Professor Dr Fernando Akira Kurokawa, pelo apoio que foi dado na definição das ferramentas de modelos matemáticos e apoio no exame de qualificação.

A Professora Dra Sheila Walbe Ornstein que contribuiu ricamente sob o ponto de vista de Avaliação Pós Ocupação.

A Escola Politécnica que me deu total apoio na busca por um orientador, que abraçou meu projeto e por ter proporcionado uma ambiente de crescimento intelectual.

Aos colegas de trabalho que contribuía com muita paciência para compartilhar informações importantes e essenciais para dar um direcionamento desse trabalho.

A minha esposa e filho pela compreensão nos meus momentos de ausência onde precisei me dedicar um pouco mais a pesquisa do que a eles.

## Resumo

Os custos de ocupação de escritórios corporativos são expressivos, e por isso as empresas vêm desafiando engenheiros e arquitetos do ramo de Facility Management a buscarem cada vez mais eficiência em suas operações. Com a pandemia do COVID-19, as empresas foram obrigadas a quebrar paradigmas, antecipando a implantação do trabalho remoto por meio do Home Office, fruto dos avanços tecnológicos, o que as fez mudar o modo de pensar em relação ao uso dos escritórios corporativos.

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento um modelo de otimização de espaços em escritórios corporativos, por meio da programação linear, um modelo matemático. A Programação Linear é um ramo da programação matemática que faz parte dos métodos quantitativos de apoio à tomada de decisão.

Os resultados obtidos superaram a expectativas obtendo-se 15% de redução na necessidade de espaços e conseqüentemente nos custos de ocupação e implantação.

### **Palavras chave**

Escritórios Corporativos, Workplace, Facility Manager, Ocupação de Espaços, Modelo Matemático, Programação Linear.

## Abstract

The costs of occupying corporate offices are significant, which is why companies have been challenging engineers and architects in the Facility Management field to seek ever more efficiency in their operations. With the COVID-19 pandemic, companies were forced to break paradigms, anticipating the implementation of remote work through the Home Office, as a result of technological advances, which made them change their way of thinking regarding the use of corporate offices. This work aimed to develop a model for optimizing spaces in corporate offices, through linear programming, a mathematical model. Linear Programming is a branch of mathematical programming that is part of quantitative methods to support decision making.

The results obtained exceeded expectations, obtaining a 15% reduction in the need for space and, consequently, in occupation and implantation costs.

### **Key words**

Corporate Offices, Workplace, Facility Manager, Occupation of Spaces, Mathematical Model, Linear Programming.

## Sumário

1	Introdução.....	13
2	Justificativa .....	15
3	Objetivo.....	18
4	Revisão Bibliográfica .....	19
4.1	Escritórios Corporativos .....	19
4.1.1	Conceito de Escritórios .....	19
4.1.2	Origem dos Escritórios .....	19
4.1.3	O Escritório nos dias de hoje.....	20
4.1.4	Como o ambiente do Escritório pode influenciar a produtividade dos funcionários .....	22
4.2	Modelos Matemáticos.....	26
4.2.1	Teoria das Filas.....	27
4.2.2	Programação Linear.....	28
5	Estudo de Caso .....	31
5.1	Observação Casual .....	35
5.2	Análise do cenário observado .....	37
5.2.1	Comportamento da ocupação por Cargos .....	41
5.2.2	Comportamento da ocupação por Gênero .....	42
5.2.3	Comportamento da ocupação por Gerações.....	43
5.2.4	Comportamento da ocupação por Estilo de trabalho .....	44
5.2.5	Comportamento da ocupação por Unidade de Negócio.....	45
5.3	Resultados da análise dos Dados Primários .....	47
6	Formulação de modelo matemático com dados primários.....	49
6.1	Variáveis.....	50
6.2	Tipo de problema.....	50
6.3	Função Objetivo .....	50
6.4	Restrições.....	50
6.4.1	Restrição 1 - Legal .....	51
6.4.2	Restrição 2 – Disponibilidade de espaço .....	51
6.4.3	Restrição 3 - População Flutuante com 50% de ocupação.....	51
6.5	Condição de não negatividade .....	52



6.6	Aplicação do modelo matemático ao estudo de caso.....	52
6.7	Resultados Preliminares do Modelo Matemático com os dados primários.....	58
7	Evolução do Modelo Matemático.....	59
7.1	Revisão de restrições.....	59
7.1.1	Aspectos Normativos.....	59
7.1.1.1	NR 4 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho.....	60
7.1.1.2	NR 17 Ergonomia.....	61
7.1.1.3	NR 24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho.....	62
7.1.2	Aspectos de uso da edificação.....	63
7.1.3	Outras referências obtidas.....	70
7.2	Aplicação no modelo de Programação Linear.....	74
7.3	Resultado obtidos do modelo de programação linear.....	83
8	Avaliação prospectiva do modelo de programação linear.....	84
8.1	Cenário de avaliação prospectiva.....	84
8.2	Aplicação de programação linear na avaliação prospectiva.....	84
8.3	Resultado da Avaliação Prospectiva.....	91
9	Roteiro para aplicação de Modelo de Otimização da ocupação de escritórios corporativos.....	93
9.1	Fase de levantamento de informações.....	94
9.1.1	Perfil de trabalho.....	94
9.1.2	Taxa de presença.....	95
9.1.3	Restrições.....	96
9.2	Fase de modelagem.....	97
10	Conclusão e Considerações finais.....	98
	Referências Bibliográficas.....	99
	Anexos.....	105
	Anexo 1 – Evolução da Ocupação em Escritórios Corporativos.....	106
	Anexo 2 - Impactos do COVID-19 no ambiente de trabalho.....	109
	Anexo 3 – Características das Gerações.....	117
	Anexo 4 – Programação Linear.....	120
	Apêndices.....	130
	Apêndice 1 – Formulário de Registo da Observação Casual.....	131
	Apêndice 2 - Formulário de Registo da Observação Casual – Estudo de Caso.....	132

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Formulário para cadastro de informação.....	36
Tabela 2 - Relação Unidade de Negócio e Estilo de Trabalho .....	48
Tabela 3 - Taxa de ocupação por Estilo de Trabalho .....	49
Tabela 4 - Quadro I – Grau de Risco para fins de dimensionamento do SESMT .....	60
Tabela 5 - Quadro II - Número de Empregados para dimensionamento do SESMT .....	61
Tabela 6 - Tabela de Ocupação - Escritório A.....	64
Tabela 7 - Tabela de Ocupação - Escritório B.....	65
Tabela 8 - Tabela de Ocupação - Escritório C .....	66
Tabela 9 - Tabela de Ocupação - Escritório D .....	67
Tabela 10 - Tabela de Ocupação - Escritório E.....	68
Tabela 11 - Tabela de Ocupação Consolidada .....	69
Tabela 12 - Dimensões Ambulatório Médico.....	72
Tabela 13 - Dimensão Mínima de Ambulatório .....	72
Tabela 14 - Tipo de escritório aberto e layout .....	73
Tabela 15 - Quadro de Áreas.....	75
Tabela 16 - Quadro de áreas ocupadas.....	76
Tabela 17 - Quadro de áreas demais espaços.....	82
Tabela 18 - Quadro de áreas ocupadas - cenário prospectivo.....	84
Tabela 19 - Quadro de áreas demais espaços Modelo Prospectivo .....	90
Tabela 20 - Despesas Avaliação Prospectivas .....	92
Tabela 21 - Detalhamento Perfil de Trabalho.....	95
Tabela 22 - Detalhamento Taxa de Ocupação.....	96
Tabela 23 - Detalhamento Restrições .....	97

## Lista de Figuras

Figura 1 - Ocupação de Escritórios nos anos 80.....	20
Figura 2 - Ocupação dos Escritórios Atuais .....	21
Figura 3 – Fatores associados à necessidade de inovação.....	22
Figura 4 – Recursos que influenciam positivamente os espaços.....	24
Figura 5 – Layout planejado para apoiar trocas sociais .....	24
Figura 6 - Corredores facilitando encontros ao acaso.....	25
Figura 7 - Estrutura de um sistema de filas.....	27
Figura 8 - Processo de construção de modelo .....	29
Figura 9 - Polígono Espaço Solução .....	30
Figura 10 - Polígono Espaço Solução com Ponto Ótimo .....	31
Figura 11 - Modelo de layout até anos 2000 .....	34
Figura 12 - Modelo de layout após anos 2000 .....	34
Figura 13 - Modelo de layout atualmente .....	34
Figura 14 - Detalhamento do escopo do Estudo de Caso.....	38
Figura 15 - Estrutura Organizacional.....	41
Figura 16 - Comportamento da ocupação por Cargos .....	42
Figura 17 - Comportamento da ocupação por Gênero.....	42
Figura 18 – Comparação das características das Gerações.....	43
Figura 19 – Comportamento da ocupação por Gerações .....	43
Figura 20 – Comportamento da ocupação por Estilo de Trabalho .....	44
Figura 21 – Comportamento da ocupação por Unidade de Negócio.....	47
Figura 22 - Condição de não negatividade.....	52
Figura 23 – Restrição 1 - Legal .....	53
Figura 24 – Restrição 2 – Disponibilidade de Espaços .....	54
Figura 25 – Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação .....	55
Figura 26 – Intersecção das restrições.....	55
Figura 27 – Polígono Espaço de Solução .....	56
Figura 28 – Polígono Espaço Solução e Curvas de Nível.....	57
Figura 29 – Ponto Ótimo .....	57
Figura 30 – Setorização de Ocupação – Escritório A.....	64
Figura 31 - Setorização de Ocupação – Escritório B.....	65
Figura 32 - Setorização de Ocupação – Escritório C.....	66
Figura 33 - Setorização de Ocupação – Escritório D.....	67
Figura 34 - Setorização de Ocupação – Escritório E.....	68
Figura 35 – Comparativo de Ocupação.....	70
Figura 36 – Layout Ambulatório Estudo de Caso .....	71
Figura 37 – Layout Estudo de caso .....	74
Figura 38 – Distribuição dos espaços ocupados .....	75
Figura 39 – Potencial espaço de redução .....	76
Figura 40 – Validação Condição de não negatividade .....	77
Figura 41 – Validação Restrição 1 - Legal.....	78

Figura 42 – Validação Restrição 2 – Disponibilidade de Espaço .....	78
Figura 43 – Validação Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação ..	79
Figura 44 – Validação Intersecção das Restrições 1, 2 e 3.....	80
Figura 45 – Validação do Polígono Espaço de Solução.....	80
Figura 46 – Validação do Polígono Espaço de Solução e Curvas de Nível .....	81
Figura 47 – Validação Ponto Ótimo.....	81
Figura 48 – Modelo Prospectivo Condição de não negatividade.....	86
Figura 49 – Modelo Prospectivo Restrição 1 - Legal.....	86
Figura 50 – Modelo Prospectivo Restrição 2 – Disponibilidade de Espaço.....	87
Figura 51 – Modelo Prospectivo Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação.....	87
Figura 52 – Modelo Prospectivo Restrição 4 - Restrição Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho .....	88
Figura 53 – Modelo Prospectivo Restrição 5 - Restrição Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho .....	88
Figura 54 – Modelo Prospectivo – Intersecção das restrições .....	89
Figura 55 – Modelo Prospectivo – Polígono de Soluções .....	89
Figura 56 – Modelo Prospectivo Ponto Ótimo .....	90
Figura 57 - Macro fluxo do Modelo de Otimização da Ocupação de Escritórios Corporativos.....	93
Figura 58 - Software GRAPH 4.4.2 .....	97

## 1 Introdução

A crescente busca por competitividade entre as empresas tem tornado o mundo corporativo cada vez mais desafiador. Com a crise financeira em 2020, gerada pela crise sanitária da pandemia do COVID-19, as empresas buscam aumentar sua eficiência para se tornarem competitivas ou até mesmo para sobreviverem no mercado. Com a redução das receitas, a alternativa é buscar oportunidades de redução nas despesas operacionais.

Dentre as despesas operacionais, as despesas de ocupação, referentes ao funcionamento dos imóveis como água, energia, gás, aluguel, condomínio, manutenção, limpeza, recepção, estacionamento, etc., tem sido tratadas como oportunidade de melhorar o índice de eficiência (despesa/receitas) das empresas.

Uma maneira de melhorar o índice de eficiência é reduzir a taxa de vacância (número de posições disponíveis / número de posições totais) nos escritórios, adensando (essa expressão refere-se ao ato de colocar mais pessoas no mesmo espaço) os colaboradores, e ocupando os espaços ociosos. Apesar de uma alternativa que gera resultados, geralmente não é feito de uma forma estruturada, e sem avaliar todos os itens que podem impactar o planejamento de ocupação.

Diversos aspectos podem influenciar o planejamento de ocupação, tais como: planejamento de férias, trabalhos externos, atendimento a clientes, forma de trabalho (em grupo ou individual), volume de reuniões, trabalho em formato de projetos ou comunidade (grupo de pessoas trabalhando em conjunto para atender um mesmo objetivo), necessidade de espaços específicos como biblioteca ou guarda de amostras, enfim, são vários os influenciadores que podem alterar o uso do espaço.

O uso de modelos matemáticos que simulam cenários otimizam o tempo e contribuem para um melhor dimensionamento dos espaços, uma vez que possibilitam uma gama maior de variantes.

Sob o ponto de vista de aumento de produtividade, vários estudos de "benchmarking" vêm apresentando alternativas de espaços que proporcionem maior criatividade e descontraídos. Espera-se que o colaborador aumente sua

produtividade por estar inserido num ambiente mais alinhado ao seu jeito, do que num ambiente mais formal.

Outro aspecto importante é sobre a presença do colaborador no ambiente de trabalho. Quando se oferece um ambiente mais despojado e com possibilidade de descontração, espera-se aumentar o tempo útil de produtividade do colaborador. O colaborador convive num ambiente muito formal e sem possibilidade de descontração, dado isso ele tende a buscar outros espaços fora do ambiente para repor suas energias. Ao ofertar um ambiente de descontração, como jogos digitais ou analógicos, espaços de leitura, cafeteria com produtos diferenciados, espera-se que o colaborador não desperdice seu tempo buscando outros espaços fora do ambiente de trabalho.

## 2 Justificativa

O mundo empresarial habita um ecossistema altamente competitivo, onde os que trazem maiores resultados tendem a se perpetuar e os demais a se extinguirem. A busca constante por aumento de eficiência, num cenário de crise sanitária ocasionada pela pandemia do COVID-19, obriga as empresas a melhorar seu índice de eficiência.

Primeiramente, sob o ponto de vista de competitividade, HENDERSON (2000) destaca no início do milênio que:

“Nesse ambiente hipercompetitivo, as empresas desafiam as estratégias existentes para criar e sustentar uma vantagem crítica. As empresas agora devem alavancar seus recursos com agilidade para obter um posicionamento competitivo e devem continuar a mudar essa posição em resposta às oportunidades de mercado e ao movimento dos concorrentes. É claro que o local de trabalho - como ferramenta de gerenciamento - deve fornecer a máxima adaptabilidade para alavancar o desempenho ideal, mesmo em um ambiente de negócios em fluxo.”

É importante esclarecer na partida que, o índice de eficiência é a relação entre os produtos gerados e insumos empregados, segundo a FNQ – Fundação Nacional da Qualidade (2012), de outra forma, as despesas operacionais e receitas de uma empresa, onde quanto menor o índice melhor sua produtividade.

Dado isso, se as receitas não aumentam, a única maneira de melhorar o índice de eficiência é com a redução das despesas.

Esclarecido isso, os profissionais de Facility Management, estudam o comportamento das ocupações dos escritórios, em busca de oportunidades. A vacância de escritórios corporativos continua em alta, 24,1% desde dezembro de 2017, conforme Cushwake Brasil (2017), essencialmente pela crise financeira que se alastrou nos últimos anos. Isso significa que existe uma grande oferta de espaços corporativos disponíveis no mercado de Real Estate, motivando as renegociações nos contratos de locação. Somado a isso, em julho de 2018 tínhamos um cenário de deflação do IGPM em -0,5326%, segundo Portal Brasil, e atualmente esse índice atingiu 37,04% em maio de 2021 nos últimos 12 meses, segundo o Portal FGV (2021).

Esse estudo se justifica, uma vez que a proposta de otimizar o uso dos escritórios corporativos, por meio da aplicação de um modelo matemático, contribui diretamente para redução das despesas de ocupação, e conseqüentemente pela redução do índice de eficiência.

O modelo prevê um adensamento da ocupação com revisão do conceito de arquitetura, objetivando a redução de espaços ociosos, e tornando-os mais atrativos e produtivos para os colaboradores. Deste modo, avaliou-se a área necessária de ocupação, bem como quais ambientes permitem uma maior produtividade dos funcionários, retendo-os no ambiente corporativo.

Diversos autores confirmam essa teoria, onde o ambiente otimizado e projetado para o usuário, aumentam sua produtividade e resultados.

Segundo a afirmação de MORAES (São Paulo, 2017): “O Open Space, associado a uma política de Home-Office, pode reduzir em cerca de 20% o uso dos espaços corporativos”.

O Home-office é um modelo de trabalho onde o funcionário consegue efetuar suas atividades corporativas de sua casa ou de algum outro lugar, desde que tenha acesso às ferramentas de trabalho (computador, celular e internet). Uma vez definido essa expressão, será usada essa nomenclatura no texto.

De acordo com Work Solution (2018):

“A implementação do open space está relacionada a quebra de barreiras físicas em relação a comunicação interna dentro da empresa. Dessa forma, o fluxo de informações torna-se mais dinâmico, aumentando o rendimento dos funcionários, que necessitam receber as informações em tempo real.”

Conforme relatado por SEIBE (2017), “..., buscam-se ambientes dinâmicos e colaborativos, onde as pessoas se relacionam de forma diferente entre si e com o próprio ambiente a sua volta.”.

De acordo com VESCO (São Paulo, 2015):

“O conceito de “open space” na ABB permite que os funcionários troquem experiências e optem pelo contato face a face, ocasionando assim, o



processo de tomada de decisão e resolução de problemas ainda mais rápido e efetivo.”

Com todos esses pontos, justifica-se o estudo de melhor ocupação dos espaços de escritórios corporativos, buscando redução de áreas, e conseqüentemente redução de despesas operacionais.

### 3 Objetivo

Esse trabalho tem objetivo desenvolver um modelo de otimização da ocupação em edifícios corporativos que atenda as particularidades das empresas, tornando-as mais eficientes e competitivas no mercado de trabalho.

O modelo de ocupação proposto tem o objetivo de otimizar a utilização dos espaços, avaliando diversos aspectos que possam impactar sua forma de trabalho, e que possa servir de referência para outras empresas. Para isso utiliza-se de um modelo de Programação Linear, que embasa sob o ponto de vista matemático uma ocupação mais eficiente.

O resultado obtido foi um modelo de ocupação que deverá se confirmar por meio da comparação das taxas de ocupação antes da aplicação do modelo, e depois de sua aplicação.

## 4 Revisão Bibliográfica

### 4.1 Escritórios Corporativos

#### 4.1.1 Conceito de Escritórios

“O termo escritório existe desde que o homem criou o móvel de escrivaninha, quando esse espaço ainda era bastante individualizado e não havia relação alguma entre o ambiente e a pessoa que ocupava”, relata HORSCHUTZ (2007).

Ainda segundo CALDEIRA (2004), “o termo escritório, assim como bureau, na língua francesa, designa em sua origem etimológica um tipo de móvel – a escrivaninha – inerente a certas atividades ainda hoje ditas “de gabinete”, atividades de leitura, de escrita, de contabilidade, de cálculo de projeto”.

Segundo o Dicionário Aurélio, Escritório é a sala ou salas em que pessoas recebem clientes e exercem atividades profissionais de negócios (administrativo, jurídico, comercial etc.). Um ambiente de trabalho, no caso de escritórios, trata-se de um espaço onde se exerce atividades voltadas para o negócio, essencialmente administrativas.

“Do latim *scriptorium*, o termo escritório pode referir-se quer ao local (a divisão de uma habitação ou de uma empresa) onde se exercem atividades administrativas, quer ao mobiliário (escrivaninha ou secretária com estantes) utilizado para esse fim. Pode ter várias formas de organização e de distribuição do espaço consoante à quantidade de trabalhadores e a função de cada um.”, descrito em CONCEITO (2012).

Conforme relatado por HORSCHUTZ (2007), “as primeiras salas de trabalho escritural coletiva correspondiam aos *scriptorium* das bibliotecas dos mosteiros, onde os monges se dedicavam a leitura, cópia e tradução de manuscritos”.

#### 4.1.2 Origem dos Escritórios

Na Idade Média, após a agricultura se tornar uma importante atividade para a sociedade, surgiu o trabalho assalariado, onde a população passou a vender os produtos que cultivavam.

Segundo VASCONCELOS (2019), os avanços dos escritórios se deram ao longo dos anos, e ainda no século XV e XVI encontravam-se os chamados gabinetes, que eram associados à produção do conhecimento. “Os espaços administrativos eram relacionados à troca de mercadorias. Os produtos eram expostos no pavimento térreo, enquanto os andares superiores eram reservados às negociações entre mercadores.”

Já no final do século XIX, com a Revolução Industrial e surgimento da concorrência entre as indústrias, desenvolveu-se estudos e doutrinas voltadas a racionalização e aumento da eficiência produtiva, impulsionando a criação de um ambiente laboral.

Com a chegada do telefone e telegrafo, viabilizou-se o surgimento de áreas administrativas das empresas, alocadas fora do espaço fabril, que representavam uma pequena fatia dos empregados. Esses espaços, agora chamados de escritórios, eram projetados de forma padronizada e focada no isolamento do profissional.

Segundo MENDES (2019), “a partir dos anos 1950, pela primeira vez, arquitetos e designers começaram a olhar para dentro dos edifícios e consideraram o layout do espaço de trabalho como um fator de produtividade”.

Os escritórios corporativos demandam um estudo arquitetônico bastante abrangente, que permeia desde o dimensionamento do ambiente como a distribuição dos setores no espaço. Além de atender necessidades dos diversos tipos de ocupantes e visitantes que utilizam o espaço, tornando um estudo bastante complexo para os arquitetos.

### 4.1.3 O Escritório nos dias de hoje

Até a década de 1980 os escritórios tinham características físicas bem diferentes da atualidade, como visto nas figuras 1 e 2:

Figura 1 - Ocupação de Escritórios nos anos 80



Fonte: <https://franquiaempresa.com/2014/01/como-eram-os-escritorios-antigos-e-como-serao-em-2014.html>

**Figura 2 - Ocupação dos Escritórios Atuais**



Fonte: <https://www.nibo.com.br/blog/modelo-de-organizacao-de-escritorios-contabeis-qual-e-o-mais-adequado/>

Com o avanço da tecnologia, as novas gerações, a abolição da hierarquização, as novas formas de trabalho, e o foco em ganhos de produtividade, o escritório nos dias de hoje tem um conceito totalmente diferente de poucos anos atrás.

O desenvolvimento de um espaço que atende essas características envolve uma integração de diversos fatores. Segundo ANDRADE (2013):

“a implementação dos novos conceitos deve ser vista não somente como uma questão de arquitetura e de desenvolvimento de novo layout. É necessária uma gestão integrada que venha definir mobilidade, índice de compartilhamento, áreas que irão compartilhar os espaços, definição dos diferentes tipos de espaços e estações de trabalho a ser compartilhada, qual a tecnologia a ser aportada em cada um deles, entre outros aspectos....., para garantir que os objetivos da organização em relação à mudança sejam atendidos.”

Em complemento, MEEL (2000) destaca:

“o prédio de escritórios é talvez o tipo de prédio mais importante do século XX. Assim como as fábricas antes do símbolo da industrialização no início do século XIX, os escritórios são emblemáticos da atual era pós-industrial. Os escritórios estão todos em torno de nós. Eles dominam a cidade contemporânea e acomodam mais metade da população trabalhadora no mundo ocidental”.

#### 4.1.4 Como o ambiente do Escritório pode influenciar a produtividade dos funcionários

CASSANO (2008) destaca que o planejamento dos espaços considerando apenas o número de postos de trabalho é o problema mais comum nos ambientes de escritórios.

Os escritórios corporativos demandam espaços de constante inovação para uma rápida tomada de decisão, conforme sugerido por KNOLL (2013) na figura 3:

Figura 3 – Fatores associados à necessidade de inovação



Fonte: Creating Collaborative Spaces that Work (2013)

Outros autores destacam que os ambientes quando projetados pensando na usabilidade dos funcionários proporcionam bem estar e produtividade.

Segundo CLEMENTS-CROOME (2011), “o desenho do edifício produz ambientes estimulantes para o corpo, e a mente reconhece esses requisitos para uma boa saúde”. Complementa ainda que: “um bom ambiente de trabalho ajuda a fornecer aos usuários uma sensação de bem-estar, inspiração e conforto”.

KLIN (1999) destaca que a arquitetura do local de trabalho proporciona inspiração:

“...acredita que é importante projetar ambientes pensantes. O aspecto mais importante é ter locais de trabalho onde as pessoas sintam que são importantes. Quando isso se torna uma diretriz para o design de arquitetura de interiores, surge um lugar muito diferente, e não quando algum padrão abstrato de opulência e fornecimento de funcionalidade pura é adotado como orientação”.

MEDEM (2018) relata que o ambiente de trabalho está diretamente relacionado para facilitar a comunicação e troca de experiência, sendo um dos principais fatores de produtividade.

ORNSTEIN (1999) explora, por meio de um estudo pós-ocupação, os aspectos que o ambiente de trabalho pode influenciar a satisfação do usuário:

“quando a questão que envolve o arranjo do layout está relacionada a questões de conforto e privacidade, a satisfação é menor, e em relação ao nível de ruído, a distância entre usuários e colegas é avaliada negativamente”.

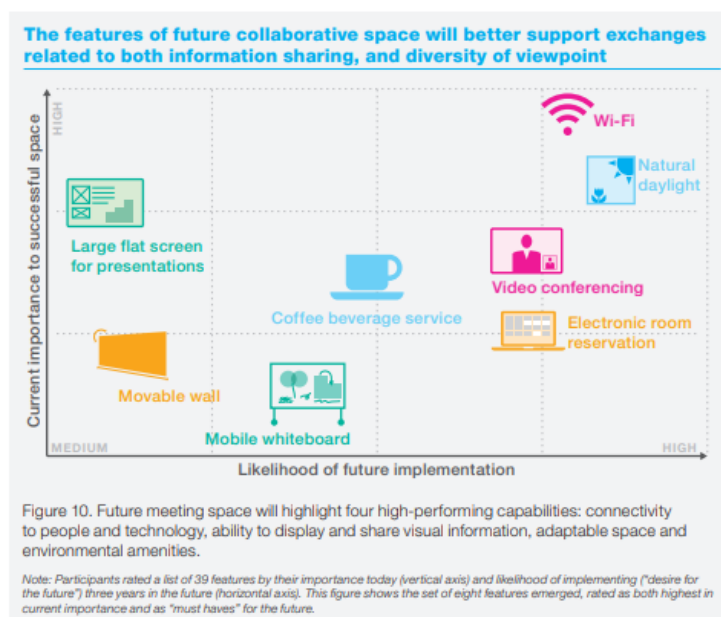
A forma de interação entre as pessoas no ambiente de trabalho continua sendo de acordo com o tipo de atividade, contudo sempre haverá a necessidade de espaços para trabalho em grupo e espaços para trabalhos individuais. Nota-se ainda a presença de espaços para foco, onde proporciona maior privacidade e concentração.

Segundo FROGGATT (2001) destaca a necessidade dos diversos ambientes de trabalho:

“o trabalho coletivo continuará sendo uma combinação de contribuição individual e esforço de equipe colaborativa. Embora essas atividades possam acontecer em qualquer lugar, elas precisam acontecer em algum lugar. As pessoas ainda precisarão de locais onde possam se reunir para interação face a face, locais onde possam compartilhar recursos e locais para trabalho individual”.

Na figura 4, KNOLL (2013) destaca como recursos de alto desempenho em espaços de reuniões, dentre eles conectividade entre pessoas e tecnologia, compartilhamento de informações, espaço adaptável e facilidades do ambiente.

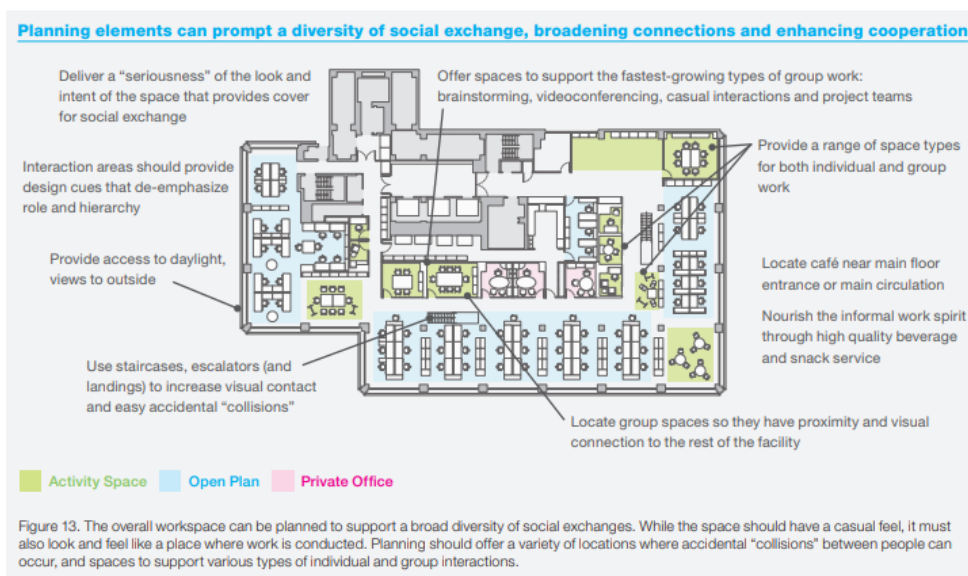
Figura 4 – Recursos que influenciam positivamente os espaços



Fonte: Creating Collaborative Spaces that Work (2013)

Alguns autores e projetistas de escritórios corporativos planejam os espaços de maneira a provocar encontros acidentais promovendo interações entre os funcionários, como apresentado por KNOLL (2013) na figura 5:

Figura 5 – Layout planejado para apoiar trocas sociais



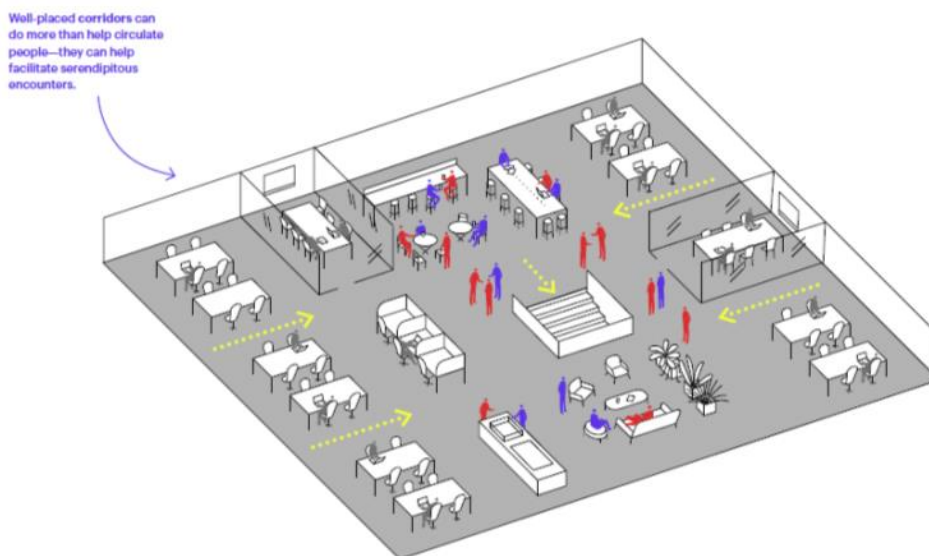
Fonte: Creating Collaborative Spaces that Work (2013)

WAGNER (2017) também sugere um ambiente planejado, onde os corredores podem ser projetados para criar encontros aleatórios, podendo ajudar a canalizar as pessoas longe de zonas específicas para minimizar o ruído dos trabalhadores que precisam de concentração, e, alguns corredores evoluem para uma reunião não



estruturada. A figura 6 destaca o fluxo de pessoas proporcionando o encontro causal de funcionários.

Figura 6 - Corredores facilitando encontros ao acaso



Fonte: Innovation Spaces: The New Design of Work (2017)

Um ambiente capaz de promover a produtividade dos funcionários precisa corresponder às atividades a serem desenvolvidas, ou seja, dependendo do escopo de trabalho e forma de trabalho, o ambiente deve estar dimensionado para tal. Além do conforto ambiental, como térmico, visual e acústico, é necessário atender a normas de ergonomia.

Um escritório de advocacia, por exemplo, além de possuir espaço para diversos livros e documentação, precisa de espaços para reuniões com seus clientes, com todo o conforto acústico para garantir a privacidade das informações ali tratadas, bem como ambientes de total concentração para foco na leitura.

Já um ambiente de atendimento ao cliente, como Call Centers, possui uma grande concentração de funcionários, que trabalham em turnos, em pequenas estações de trabalho com acesso a um computador e um telefone. Dada a concentração de funcionários no espaço e o tempo dedicado na atividade, a preocupação com a acústica e ergonomia é fundamental. Do ponto de vista legal, esse tipo de operação exige espaços de decompressão, onde os funcionários podem se reestabelecer após longas ligações telefônicas.

Por fim, nos dias de hoje, várias empresas trabalham com metodologia ágil, agrupando diferentes especialidades num só ambiente para desenvolver um projeto. Esse formato de trabalho exige espaços para reuniões, TVs e Monitores para acompanhar a evolução das entregas e indicadores de desempenho, bem como painéis escrevíveis para anotações e uso de blocos adesivos.

Por outro lado, alguns autores remetem o uso de vegetação interna aos escritórios como fonte de produtividade, mesmo sabendo que é muito complexo de se medir. Conforme MYERSON (2007), uma pequena empresa de internet criou um espaço baseado no Central Park de Nova Iorque, onde as pessoas são estimuladas a se conhecer, comer, conversar, jogar e debater, criando o hábito de fazerem reuniões informais para estimular o pensamento criativo e a inovação, usando a paisagem urbana como inspiração.

Para MEEL (2014) o aumento da produtividade é bastante abstrato para orientar o desenvolvimento de um projeto de escritórios, sendo mais prático relacioná-los a custos, interação, criatividade e satisfação. O autor também menciona flexibilidade, suporte a mudança cultural, atrair e reter pessoas, expressar a marca, e reduzir o impacto ambiental.

Por fim, a produtividade do funcionário está relacionada não somente ao que foi produzido, mas também a qualidade do produto. De nada adianta um funcionário entregar de forma rápida com erros. Para se conseguir avaliar a produtividade de um funcionário, deve-se entender o negócio de sua empresa, seus funcionários e suas funções. Esses fatores precisam ser levados em consideração para se planejar e projetar o ambiente de trabalho. Quanto antes conseguir esclarecer esses pontos, idealmente na concepção do projeto, conseguir-se-á um ambiente mais produtivo. Outros fatores não mensuráveis são importantes para definir a produtividade de um funcionário: nível de satisfação psicológica, riscos de acidentes, relacionamento entre a equipe, identificação com a marca da empresa, são exemplos, que podem ser explorados em outros estudos no futuro.

Após entender os principais conceitos, a origem dos escritórios, o escritório nos dias de hoje e como o ambiente do escritório pode influenciar a produtividade dos funcionários, um estudo de caso foi elaborado para entender, num caso prático, como foi o comportamento evolutivo de um escritório.

## **4.2 Modelos Matemáticos**

Em estudos de planejamento de ocupação é comum lidarmos com problemas de dimensionamento, e a solução geralmente é bastante complexa, pois envolve vários fatores operacionais, estratégicos e até pessoais.

Num planejamento de ocupação estamos interessados em obter a quantidade correta de estações de trabalho e a melhor disposição de layout para tornar o ambiente mais funcional.

A modelagem matemática é uma ferramenta de apoio ao planejamento, muito menos oneroso e mais rápido do que a aplicação de ensaios práticos.

Foram avaliados dois modelos matemáticos bastante usuais, a Teoria das Filas e a Programação Linear.

## 4.2.1 Teoria das Filas

Podemos dizer que um espaço adequadamente dimensionado está balanceado, e um sistema balanceado não se trata de um sistema otimizado, mas de um sistema que garanta certo padrão de qualidade de funcionamento.

Uma das teorias mais utilizadas em modelagem matemática para dimensionamento de sistemas é o Teoria das Filas, um estudo matemático de filas de espera, que otimiza o sistema com: melhor utilização dos serviços disponíveis, menor tempo de espera e maior rapidez no atendimento.

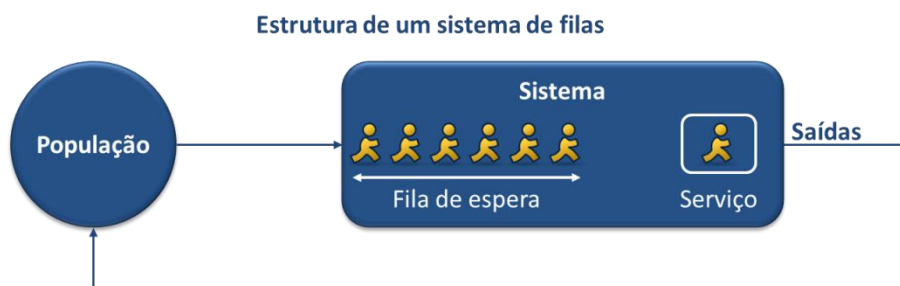
Segundo FOGLIATTI (2007):

“um sistema com fila é qualquer processo onde usuários oriundos de uma determinada população chegam para receber um serviço pelo qual esperam, se for necessário, saindo do sistema assim que o serviço é completado. Essa espera acontece quando a demanda é maior do que a capacidade de atendimento oferecido, em termos de fluxo”.

Para PRADO (2014), a estrutura de um sistema de filas é composta por uma população que precisa acessar um sistema, que entram num determinado tipo de fila de espera, até que o sistema disponibilize um servidor para que ele possa ser atendido, e depois sair do sistema.

A figura 7 esquematiza essa estrutura, onde existe uma população potencial para acessar um sistema, onde se formam as filas, até que sejam atendidas, e saiam do sistema, liberando o atendente:

Figura 7 - Estrutura de um sistema de filas



Fonte: o autor

Analogamente, num espaço corporativo, a população refere-se aos funcionários, o prédio é o sistema onde os funcionários trabalham, e os servidores são as posições de trabalho.

Inicialmente a metodologia apresentou-se como uma aplicação viável para apoio ao planejamento do espaço, contudo as diversas variáveis dos canais de atendimento que a metodologia exige, inviabilizou o uso dessa metodologia deixando-a muito complexa. Entende-se que a ferramenta aplica-se idealmente para dimensionar canais de atendimento.

#### 4.2.2 Programação Linear

Segundo BERNANDO (2016): a Programação Linear é um ramo da programação matemática que faz parte dos métodos quantitativos de apoio à tomada de decisão.

GOLDBARG (2006) relata que:

“Um modelo não é igual à realidade, mas suficientemente similar para que as conclusões obtidas através, de sua análise e/ou operação possam ser estendidas à realidade.”

Um problema de Programação Linear consiste em determinar valores não negativos para as variáveis de decisão, satisfazendo as restrições impostas de forma a otimizar (maximizar ou minimizar) a função linear.

Esse conceito aplica-se quando o objetivo e as restrições do problema podem ser traduzidos em funções lineares.

Conforme SCHNEIDER (2013):

“Um problema de programação linear é um problema de otimização (minimizar ou maximizar), chamada de função objetivo, é uma função linear e o conjunto de restrições (relações de interdependência entre as variáveis) são igualdades ou desigualdades lineares.”

A otimização do sistema nas citações acima, justifica o uso dessa metodologia à pesquisa, apoiando no desenvolvimento de um modelo eficiente de ocupação dos espaços.

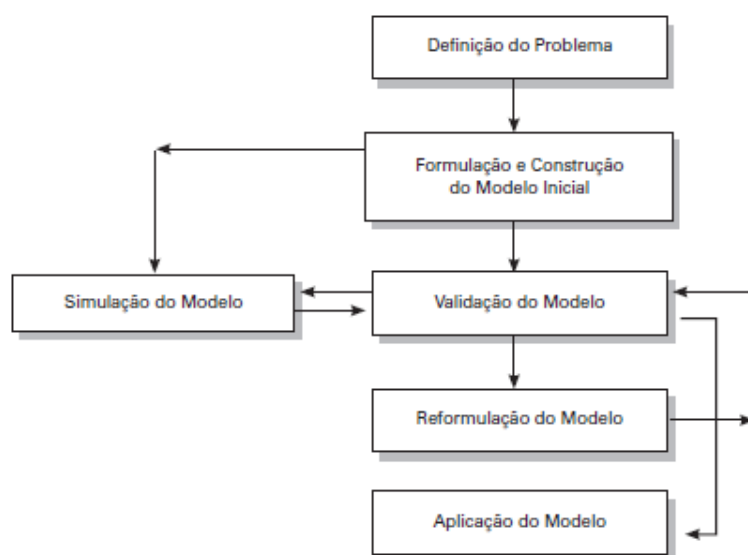
Em toda a revisão bibliográfica, não se encontrou o uso de Programação Linear para dimensionamento de espaços, no entanto, o trabalho elaborado por Maurício Pereira dos Santos em 2.000 no Rio de Janeiro, denominado Programação Linear serviu como base de inspiração para entendimento da metodologia, bem como as aplicações dos exemplos contidos.

Segundo GOLDBARG (2006), a definição do problema é uma das fases mais importantes do processo e compreende a clara percepção do desafio colocado. O problema deve ser traduzido em elementos mensuráveis englobando:

- Objetivos
- Variáveis de decisão ou controle.
- Níveis de detalhe.

A figura 8 apresenta o processo para construção de um modelo matemático:

**Figura 8 - Processo de construção de modelo**



Fonte: GOLDBARG (2005)

A metodologia de Programação Linear pode ser estruturada em seis passos:

a) Definição das variáveis do problema

$$X_1, X_2, \dots, X_n$$

b) Identificação do tipo de problema

Minimização

Maximização

c) Formalização da função objetivo

$$Z = aX_1 + bX_2 + \dots + nX_n$$

d) Formalização das restrições, ou condições do problema

e) Condições de não negatividade

$$X_1, X_2, \dots, X_n > 0$$

f) Modelo de programação linear

$$\text{Min } Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Sujeito a:

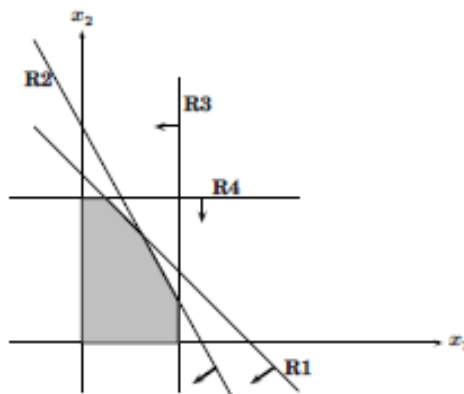
Restrições e Condições de não negatividade

SANTOS (2000) destaca que a solução gráfica ajuda a entender os princípios básicos do método analítico, chamado de método Simplex, usado para resolver os modelos de Programação Linear:

“Com todas as restrições traçadas temos o chamado Espaço Solução que é o conjunto de todos os pontos candidatos a ser o ponto ótimo, ou seja, todos os pontos que “obedecem” a todas as restrições do modelo. No gráfico o Espaço Solução é o polígono hachurado.”

A figura 9 ilustra um polígono que define o espaço solução após traçar retas representando as restrições identificadas:

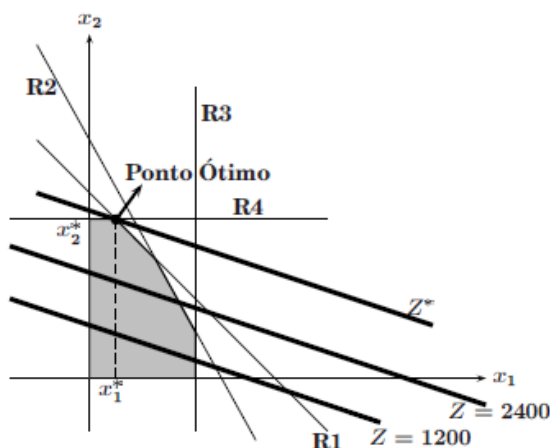
**Figura 9 - Polígono Espaço Solução**



Fonte: SANTOS (2000)

Para encontrarmos o ponto ótimo dentro o Espaço Solução, deve-se escolher um valor arbitrário para  $z$ , definindo assim uma reta passando no eixo cartesiano. E, traçando-se paralelas a essa reta, até encontrarmos a mais alta possível, que toque em um ponto do espaço solução, encontramos o Ponto Ótimo, conforme figura 10:

Figura 10 - Polígono Espaço Solução com Ponto Ótimo



Fonte: SANTOS (2000)

No Anexo 3 – Programação Linear tem-se um material apresentado com mais detalhes sobre essa metodologia, pois o objetivo da pesquisa não é se aprofundar na teoria, e sim na aplicabilidade da ferramenta.

## 5 Estudo de Caso

Antes de iniciar o estudo de caso, precisa-se entender como os escritórios evoluem ao longo dos anos, e de que forma essas mudanças se originam.

A arquitetura corporativa se transforma constantemente, com o objetivo de adaptar-se a forma de trabalho das diversas gerações, bem como para acompanhar a evolução tecnológica.

Nos dias de hoje, os ambientes de trabalho são projetados para promover sinergia humana e de recursos. Segundo ANDRADE (2013): “Essa nova ordem tem sido objeto de discussão do *board* da organização, cujo envolvimento é crucial para o sucesso do projeto e condução de todo o processo”.

Contudo, nem sempre foi assim, segundo TOZZI (2014):

A arquitetura dos escritórios evoluiu, nem sempre para melhor, desde o século 19 até hoje. Observar a história do espaço de trabalho ajuda a entender o modo como trabalhamos hoje – e deixa claro que há ainda muitas empresas paradas no tempo.

MORAIS (2014) relata de forma bem simplificada a evolução da arquitetura ao longo das décadas:

Registros arquitetônicos da década de 30 apontam justamente para alguns aspectos estruturais do espaço que refletiam a ideologia dessa configuração: normalmente compostos por um mezanino destinado aos gestores, ficando abaixo os funcionários, grandes salões para os administradores e luxuosos escritórios individuais para executivos, criando no ambiente além da barreira invisível da divisão de cargos, barreiras físicas que enclausuravam o ambiente de trabalho.

Invadidos pelo conceito modernista de funcionalidade das cidades, os escritórios da década de 50 a começaram a ser encarados com essa mesma funcionalidade, fazendo com que o planejamento de arquitetos se voltasse exclusivamente para a produtividade. Na década de 60, foi a vez da expansão dos espaços e da criação de áreas de descanso e copas, já que a carga horária do trabalho aumentou, os funcionários precisavam de um descanso. Nos anos 70 foi a vez de diminuir as divisões por postos de trabalho, para nos anos 80, com os constantes registros de lesões por esforço repetitivo (LER) foi a vez da ergonomia invadir os escritórios.

Na década de 90 os pesados móveis de madeira maciça perderam espaço para os aglomerados de madeira como o MDF e o MDP e com isso os postos de trabalho se tornaram móveis, no sentido de movimento, tornando o local de trabalho mais despojado e espaçoso. A partir dos anos dois mil o foco de funcionários de escritório se voltou para as suas carreiras, já que a maioria desses trabalhadores começava a passar mais tempo no escritório do que em casa e, como todos queria mudar de cargo ou posto, naturalmente, os lugares fixos começaram a ser abolidos e trocados por salas com diferentes ambientações. Isso deixava os funcionários livres para realizar o seu trabalho no espaço que mais se sentissem à vontade.

Como pode ser visto, a evolução história confirma que os ambientes de escritórios corporativos se adaptam aos ocupantes, e não o contrário.

Para aprofundamento no assunto, realizou-se um estudo de caso onde o problema a ser identificado foi saber se, na prática, a evolução dos ambientes corporativos sofreu alterações ao longo dos anos.

Para o estudo de caso, definiu-se estudar um único caso para entender o comportamento dessa evolução, pois o objetivo não foi comparar o comportamento entre diversos espaços ou entre empresas.

Foram coletados três layouts de ocupação de um mesmo pavimento do edifício corporativo estudado, em datas diferentes.

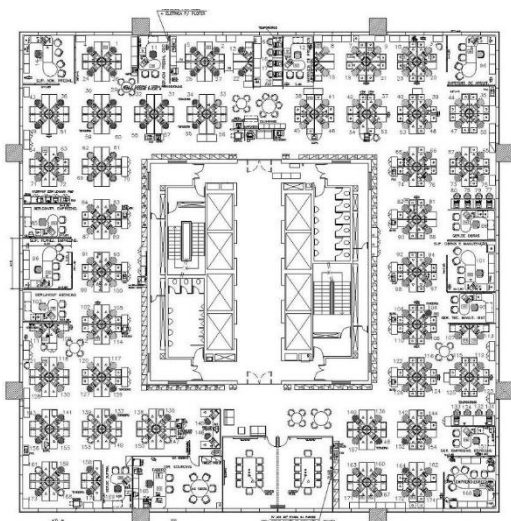


Um modelo implementado em meados dos anos 2000 apresenta um ambiente bastante hierarquizado, comum na época.

O segundo foi implementado por volta de 2010, e já dava sinais de espaços de convivência.

E por fim, um modelo de ocupação atualmente implementado, mais aderente às novas gerações, formas de trabalho e evolução tecnológica.

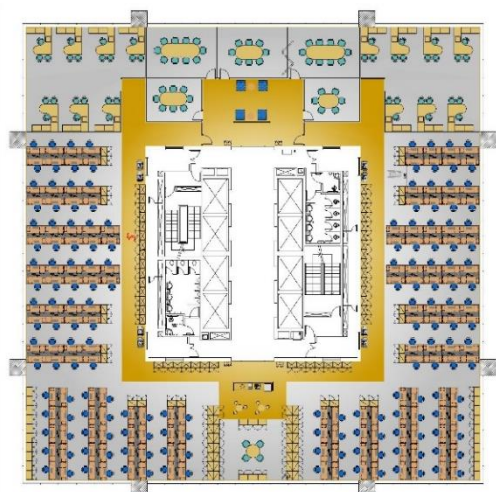
Pode-se avaliar que os espaços sofreram alterações desde número de posições, quantidade de salas de reuniões, tipo de mobiliário, presença de espaços colaborativos, enfim foi modificado conforme a necessidade de forma de trabalho, nova geração ocupando esse espaço, e pelo avanço da tecnologia. As figuras 11, 12 e 13 ilustram essa evolução.



**Figura 11 - Modelo de layout até anos 2000**

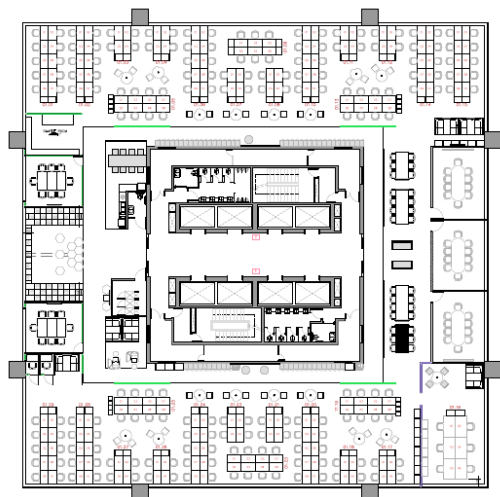
Até os anos 2000, os layouts tinham uma necessidade de grandes estações de trabalho, pois necessitavam de espaço para armazenamento de grandes monitores de tubo, impressoras, e muito documento impresso. A presença de armários para armazenamento de documentos é presente em todo o layout. Os espaços reservados para as posições gerenciais eram bem definidos,

demonstrando o status da posição. A baixa presença de salas de reuniões e a total ausência de espaços colaborativos é uma característica da ocupação dos espaços na época.



**Figura 12 - Modelo de layout após anos 2000**

Após os anos 2000, adotou-se a utilização “mesões”, estações com 1,60m x 0,70m, para as estações de trabalho. A digitalização de documentos e redução do tamanho dos equipamentos de microinformática não demandavam mais tanto espaço nas estações de trabalho. Nota-se um maior número de salas de reuniões, formais e informais, e os primeiros sinais de espaços colaborativos com a presença de uma copa no andar.



**Figura 13 - Modelo de layout atualmente**

Atualmente, com a possibilidade do trabalho remoto, viabilizado pelo avanço das tecnologias, as estações de trabalho estão cada vez menores com mesas de 1,20m x 0,60m, e com muitos espaços colaborativos. As salas de reuniões estão cada vez mais presentes, essencialmente as informais, que

estão espalhadas pelo andar, sem isolamento de paredes e divisórias, e sem a necessidade da formalização de reserva do espaço. Estão cada vez mais presentes ambientes de descompressão, onde os funcionários podem fazer uma pausa para um café num ambiente mais descontraído. Os espaços de foco e concentração começando a fazer mais sentido num ambiente onde a informalidade prevalece.

No Anexo 1 – Evolução da ocupação em escritórios corporativos, podemos avaliar com mais detalhes as mudanças nos espaços apresentados acima.

Com isso, conclui-se que as mudanças no espaço devem estar alinhadas as necessidades do negócio, conforme ANDRADE (2013):

A implementação dos novos conceitos deve ser vista não somente como uma questão de arquitetura e de desenvolvimento do novo layout. É necessária uma gestão integrada que venha definir mobilidade, índice de compartilhamento, áreas que irão compartilhar os espaços, definição dos diferentes tipos de espaços e estações de trabalho a serem compartilhados, qual a tecnologia a ser aportada em cada um deles, entre outros aspectos, para garantir que os objetivos da organização em relação a mudança sejam atendidos.

Com o resultado do Estudo de Caso, deu-se sequência a uma Observação Casual no modelo de layout atual com o objetivo de entender o comportamento dos ocupantes num escritório, e identificar possíveis oportunidades de melhorar a eficiência no uso dos espaços.

## **5.1 Observação Casual**

Na revisão bibliográfica, Observação Casual, também conhecida como Simples ou Assistemática, é aquela realizada de forma presencial e sem planejamento prévio e preparação do ambiente pesquisado. Segundo SANTOS (2008):

“...é a que se realiza sem planejamento e sem controle anteriormente elaborados, como decorrência de fenômenos que surgem de imprevisto. Para as ciências do comportamento humano, a observação ocasional é muitas vezes a única oportunidade para estudar determinados fenômenos”.

O objetivo é conseguir informações do comportamento atual em determinada situação existente, compreendendo quais os fatores que interferem e que devem ser levados em consideração para desenvolvimento de solução.

A primeira etapa do processo é a definição de informações a serem coletadas. Por não se conhecer as causas que ocasionam o problema, definiu-se capturar o maior número de informações, desde que fossem de fácil acesso, dentre elas:

- Número de ocupantes – quantidade de pessoas que ocupam o espaço
- Idade – faixa etária dos ocupantes
- Gênero – masculino ou feminino
- Cargo – identificação do nível hierárquico
- Formação – identificação de grau de formação acadêmica
- Unidade de negócio – grupo de funcionários com funções e objetivos comuns
- Estilo de trabalho – forma de trabalho, sendo:
  - Fixo – executam atividades operacionais sem necessidade de se deslocar para cumprir seus objetivos, está presente a maior parte do tempo em sua estação de trabalho.
  - Flutuantes – executam atividades focadas no desenvolvimento de projetos, por isso não utilizam suas estações de trabalho na maior parte do tempo, pois estão em ambientes de reuniões ou apoiando outros profissionais em outros ambientes.
  - Volantes – executam atividades em diversos endereços da empresa, mas quando estão no escritório necessitam de sua estação de trabalho.

Para organizar as informações coletadas, elaborou-se um formulário para cadastro das informações, apresentado no Apêndice 1 - Formulário de Registo da Observação Casual. O formulário deveria ser o mais simples e prático possível para se capturar as informações com maior facilidade e evitar falhas no cadastro das informações, conforme dados da Tabela 1:

**Tabela 1 - Formulário para cadastro de informação**

Nome do Funcionário	Dados fixos	Presença	Média
A	•Idade	Presente	Média da presença por funcionário
B	•Cargo	Presente	
C	•Formação	Ausente	
D	•Unidade de negócio	Presente	
E	•Estilo de trabalho	Ausente	

Fonte: o autor

Após isso, definiu-se o tempo mínimo para coleta de dados. Dado o volume de informações que serão capturadas, ficou estipulado um prazo mínimo de 2 meses para coleta das informações. Considerou-se esse período, por termos várias unidades de negócio alocadas no espaço observado, e poderia ter uma massa de dados muito pequena versus a variedade de estilos de trabalho, bem como a possibilidade de termos um volume expressivo de funcionários em férias.

A coleta de dados se deu observando a presença de cada funcionário em sua estação de trabalho, e anotando no formulário sua presença ou ausência. Ocorreu em todos os dias úteis, entre 9 e 10h da manhã, onde tem-se a maior faixa de início das atividades dos funcionários.

A análise dos dados ocorreu após aproximadamente 1 mês do início, onde já se tinha uma massa de dados para poder avaliar se mais alguma informação poderia ser coletada.

No total, foram analisados 57 dias de trabalho, entre 01/10/18 e 21/12/18.

Numa população de 131 funcionários, a média de presença foi de 113 por dia, ou seja, 87% da população em média vêm para o escritório diariamente.

O ambiente observado está num modelo de ocupação de mobilidade, ou seja, tem-se menos posições do que funcionários. O espaço possui 108 posições de trabalho para atender os 131 funcionários.

Com o objetivo de esclarecer e apresentar o conteúdo de forma detalhada, no Apêndice 2 - Formulário de Registro da Observação Casual – Estudo de Caso consta o formulário completo com os dados coletados durante a observação casual, que serviram de base de dados para as análises feitas posteriormente.

Antes de apresentar os resultados da observação casual, o ambiente observado é descrito de forma macro com o objetivo de emergir o leitor no ambiente, para melhor entendimento.

## **5.2 Análise do cenário observado**

O ambiente observado é ocupado por um departamento que recebe o nome de Superintendência de Serviços Corporativos que é responsável pela gestão e

operação dos prédios administrativos da empresa. Analogamente ao encontrado no mercado, trata-se de uma estrutura de Facility Management. Apesar de algumas atividades presentes na estrutura de FM, no cenário estudado, ficam fora do escopo: segurança, compras e TI. A equipe é responsável por diversos escopos, como detalhado na figura 14, e suas principais atividades:

**Figura 14 - Detalhamento do escopo do Estudo de Caso**



Fonte: o autor

Todas as áreas, exceto a 1- Planejamento contratam fornecedores para execução de serviços, dentro de um escopo fixo, ou demandas pontuais. Com isso, essas áreas enviam a equipe de Planejamento para consolidar do orçamento plurianual, e aprovar junto a Diretoria.

Conforme o andamento das atividades, o orçamento vai sendo consumido e inicia-se o acompanhamento orçamentário, capturando-se as justificativas das variações, sejam devido a estouros ou sobras, e constrói-se o *forecast* (previsão orçamentária

ajustada conforme evolução dos gastos), ou seja, a previsão de encerramento financeiro no ano.

Além disso, para os principais projetos são estruturados indicadores de controle e Project Management Office (PMO) para acompanhamento das principais frentes de trabalho.

Para execução desses materiais, a equipe de 1- Planejamento, junto com as demais equipes se reúne e estrutura as informações.

A equipe de 4-Obras de infraestrutura recebe demandas para atender as necessidades de crescimento, obsolescência e/ou mudança da área 1- Manutenção Predial, TI, Segurança e da equipe de Legalização da equipe 5- Gestão de Espaços. As demandas são analisadas, aprovadas, contratando projetista, e executando as obras necessárias definidas no escopo do projeto.

A equipe de 1- Manutenção Predial, além de ser responsável pela operação de infraestrutura predial, negocia o fornecimento de energia elétrica por meio do Mercado Livre (o consumidor livre pode traçar suas próprias estratégias e negociar livremente as condições comerciais de escolher contratação da sua energia, segundo COMERC (2019)), onde consegue por meio da contratação de um grande volume de demanda para um prédio, uma tarifa diferenciada. Ela também atua na centralização de informações de consumo de água, energia e resíduos para subsidiar a área de Sustentabilidade para compor os relatórios como Dow Jones, e ISE.

A equipe de 3- Facilities é responsável pela oferta de serviços que facilitem os ocupantes dos prédios desde seu acesso, estacionamento, limpeza dos ambientes, e ofertas de serviços como restaurantes, lanchonetes, e galeria de serviços que contemplam massagens, esmaltaria, mercado, livraria, foodtruck, academia, entre outros.

No caso de renovação de serviços, ou implementação de melhorias, demandam a equipe de 5- Gestão de Espaços, assim como todos os ocupantes dos prédios administrativos, para adequações e melhorias dos espaços existentes, conforme necessidade. Se uma área de negócio precisa crescer, demanda-se um estudo de

um espaço maior. A equipe de Planejamento de Ocupação avalia a disponibilidade de espaços, que reorganiza as pessoas, para atender as diversas demandas. Caso não tenham espaço disponível, é demandada a equipe de Prospecção de endereços para alugar ou adquirir um novo espaço. É feito uma análise de viabilidade técnica e financeira, e submetido para aprovação, uma vez que um novo espaço impactará em novos custos não previstos inicialmente. O mesmo ocorre quando uma área de negocio reduz de tamanho, avalia-se a possibilidade de reocupar os ocupantes no prédio, e fazer um distrato parcial ou total do imóvel alugado.

Além disso, a equipe de 5- Gestão de Espaços é responsável pela disponibilização de toda documentação legal para funcionamento dos prédios, como Habite-se, AVCB, AVS, Alvarás de funcionamento, etc, bem como pela parte de Seguros das edificações, ativos, bem como de responsabilidade civil dos executivos.

A equipe de Viagens é responsável pela negociação de serviços para atender as demandas de viagens dos funcionários, seja tarifas aéreas, hospedagem, ou transporte municipal por meio aluguel de veículos, ou utilizando de veículos de transporte por aplicativos como Uber, 99 Taxi, e vans para trajetos entre os prédios, frota executiva, etc.

A equipe de Arquivos é responsável pela disponibilização serviços de armazenamento, guarda e consulta de quaisquer documentos que tenham alguma necessidade ou obrigatoriedade de guarda.

A área de 6- Viagens, Arquivos e Pagamentos, recebe das áreas de 2- Manutenção Predial, 3- Facilities, 4- Obras de Infraestrutura, 5- Gestão de Espaços, e 6- Viagens, Arquivos e Pagamentos após a contratação dos fornecedores para execução de suas atividades, enviam para a equipe de Pagamentos para processarem o pagamento aos fornecedores. Após a efetivação dos pagamentos, a equipe de 1- Planejamento acompanha o Orçado x Real, e captura junto às equipes as justificativas das variações, para entender se os estouros no mês são estouros ou antecipações, e se as sobras são eficiências ou postergações de serviços, elaboram o *forecast* consolidado.

De forma resumida, esse é o fluxo de trabalho do ambiente observado. Nota-se a sinergia entre as áreas, e como se comportam de maneira engrenada para gerar



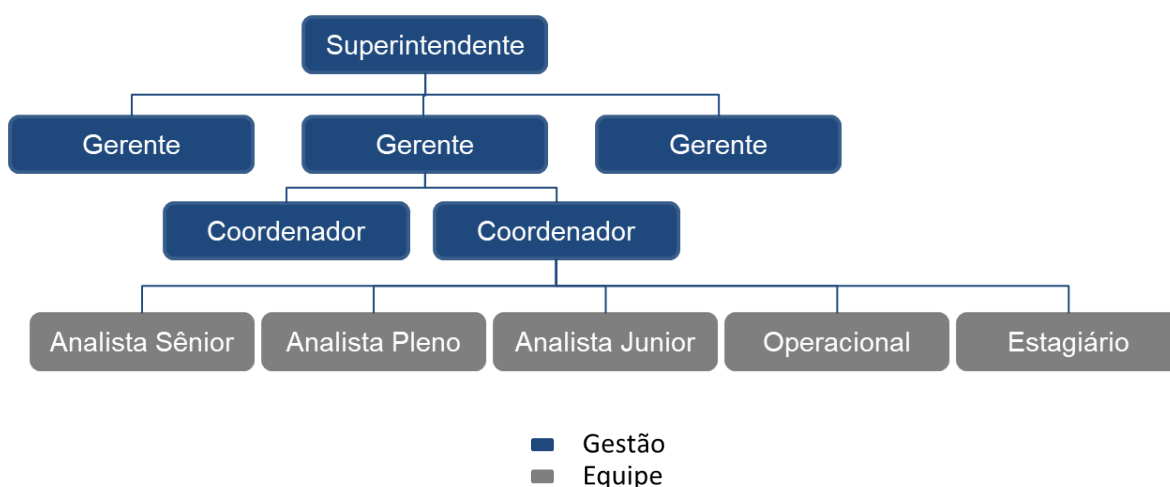
valor as operações das edificações. Não foi objeto desse estudo um maior detalhamento das atividades dessa área de negócio.

Para melhor avaliação, a observação casual apresentou subsídios para analisar de diversas óticas o comportamento da ocupação, sendo Cargos, Gênero, Gerações, Estilo de Trabalho e Unidade de Negócio.

### 5.2.1 Comportamento da ocupação por Cargos

A estrutura organizacional observada é composta por diversos níveis hierárquicos, onde foram agrupados em cargos de gestão (Gerente e Coordenador), e equipe (Analista Sênior, Pleno, Junior, e Operacional e Estagiário), com o objetivo de avaliar se existe algum comportamento específico para entre eles, e se nos diversos níveis de cargos há um comportamento diferenciado, conforme figura 15:

Figura 15 - Estrutura Organizacional



Fonte: o autor

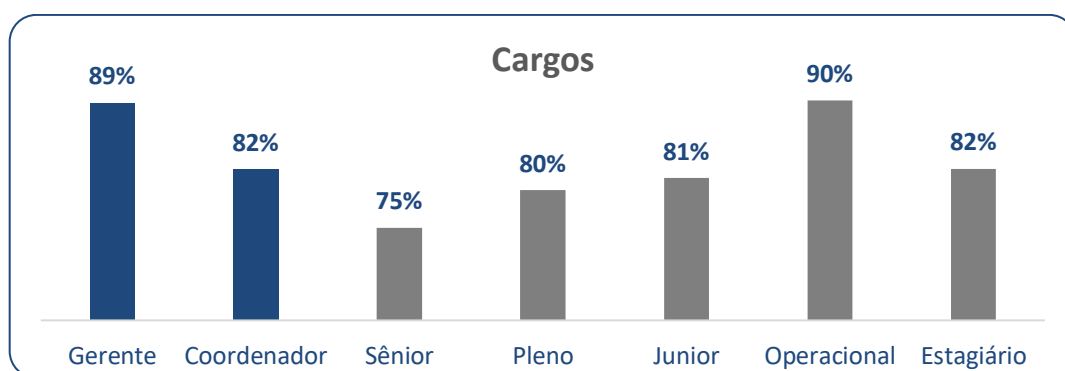
Observando o comportamento presencial sob a ótica de cargos e funções, tem-se:

- Os cargos de gestão, Gerentes e Coordenadores, de forma geral ocupam os espaços com maior efetividade do que da equipe.
- Observa-se que a equipe, quanto mais sênior tem menor presença. Trata-se de profissionais que representam, algumas vezes, os gestores em reuniões externas.

- Os Estagiários possuem um pacote de treinamentos obrigatórios que acontecem em outros espaços, e podem iniciar suas atividades no período vespertino, isso explica a baixa permanência.

A observação apresentou os resultados apresentados no gráfico da figura 16, os percentuais representam a quantidade de pessoas que vão presencialmente por cargo :

**Figura 16 - Comportamento da ocupação por Cargos**

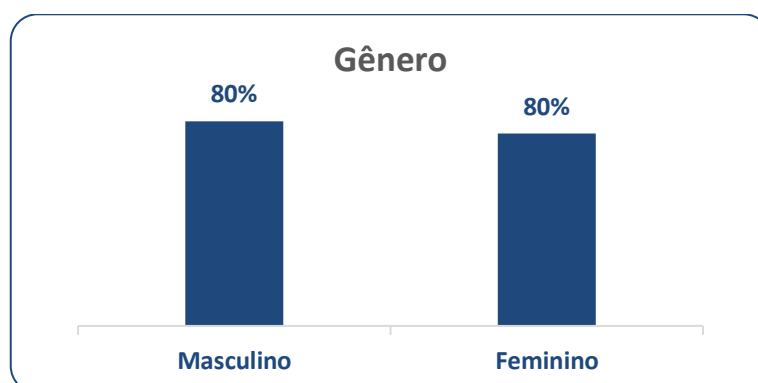


Fonte: o autor

### 5.2.2 Comportamento da ocupação por Gênero

Ao analisar o comportamento da ocupação em relação ao gênero, não apresentou nenhuma distinção no comportamento de ocupação dos espaços, pois ambos os gêneros tiveram presença na mesma proporção, ou seja, 80% dos homens e 80% das mulheres vão para a empresa, conforme gráfico da figura 17:

**Figura 17 - Comportamento da ocupação por Gênero**



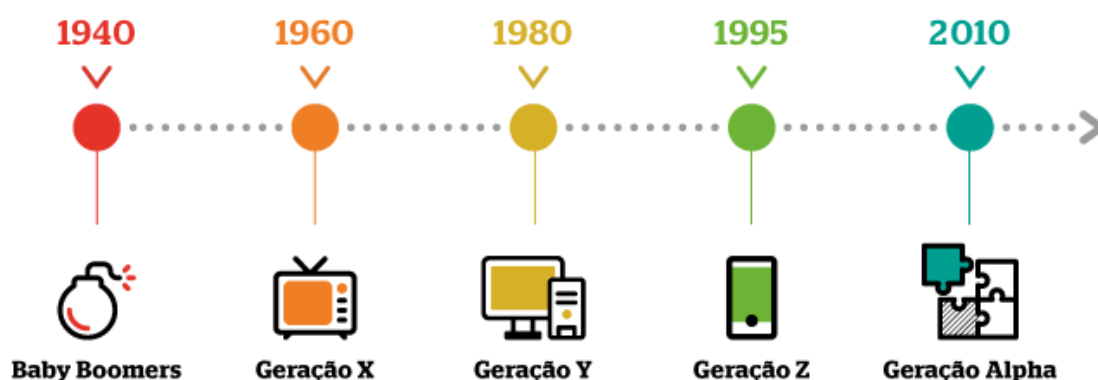
Fonte: o autor

### 5.2.3 Comportamento da ocupação por Gerações

Ao analisar a faixa etária dos ocupantes observados, buscou-se entender quais as características de cada geração, seus comportamentos e valores, e como são agrupados.

Para entender melhor a linha cronológica, a figura 18 demonstra os limites de cada geração:

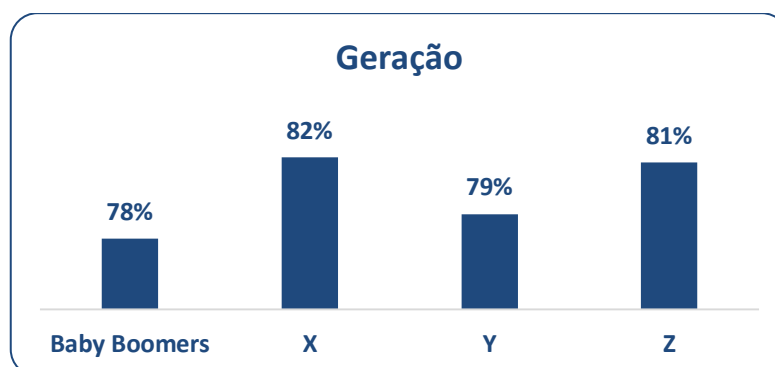
Figura 18 – Comparação das características das Gerações



Fonte: TARTAROTTI (2022)

O gráfico da figura 19 demonstra como cada geração ocupa os espaços, demonstrando o percentual de presença por geração:

Figura 19 – Comportamento da ocupação por Gerações



Fonte: o autor

Apesar da variação entre as diferentes gerações não se pode concluir nenhuma razão para tal, exceto para os Baby Boomers, onde um funcionário está a maior

parte do tempo alocado em outro prédio. Retirando esse funcionário da análise o percentual de ocupação subiria para 88%.

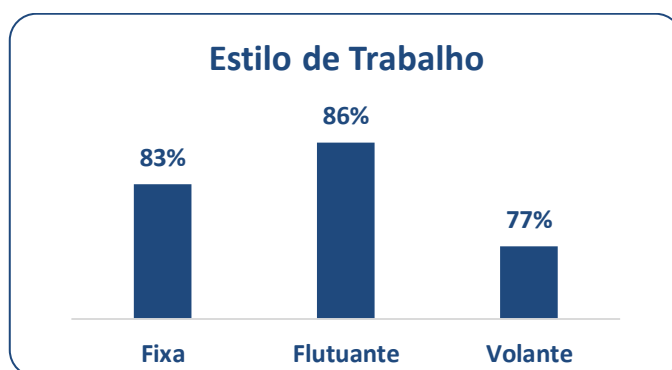
Conclui-se que, independente da faixa etária, ou geração, as pessoas estão se adaptando a novas formas de trabalho.

No Anexo 3 – Características das Gerações tem-se informações elaboradas por outros autores esclarecendo e detalhando cada uma das gerações.

#### 5.2.4 Comportamento da ocupação por Estilo de trabalho

Durante a coleta dos dados, foram identificados comportamentos variados dos funcionários de acordo com suas atividades. A expressão “estilo de trabalho” será usada como a forma pela qual o funcionário exerce suas atividades na maior parte do seu tempo. O gráfico da figura 20 demonstra que a taxa de presença no escritório de acordo com cada um deles, onde o percentual representa o quanto cada um vai até o escritório:

Figura 20 – Comportamento da ocupação por Estilo de Trabalho



Fonte: o autor

O resultado da observação indica que a população que possui um estilo de trabalho Fixa tende a estar presente no seu local de trabalho. Os funcionários com atividades flutuantes são aqueles que vêm para o escritório, mas não necessariamente utilizam suas estações, e eles tendem a estarem mais presentes que os demais. Já os volantes estão mais ausentes por estarem em outros edifícios.

## 5.2.5 Comportamento da ocupação por Unidade de Negócio

Considera-se como Unidade de Negócio, um grupo de funcionários que exercem funções similares com um objetivo comum, dentro da estrutura organizacional.

Para facilitar o entendimento da relação do escopo de trabalho com o percentual de ocupação, o principal escopo de cada unidade de negócio foi brevemente descrito conforme abaixo:

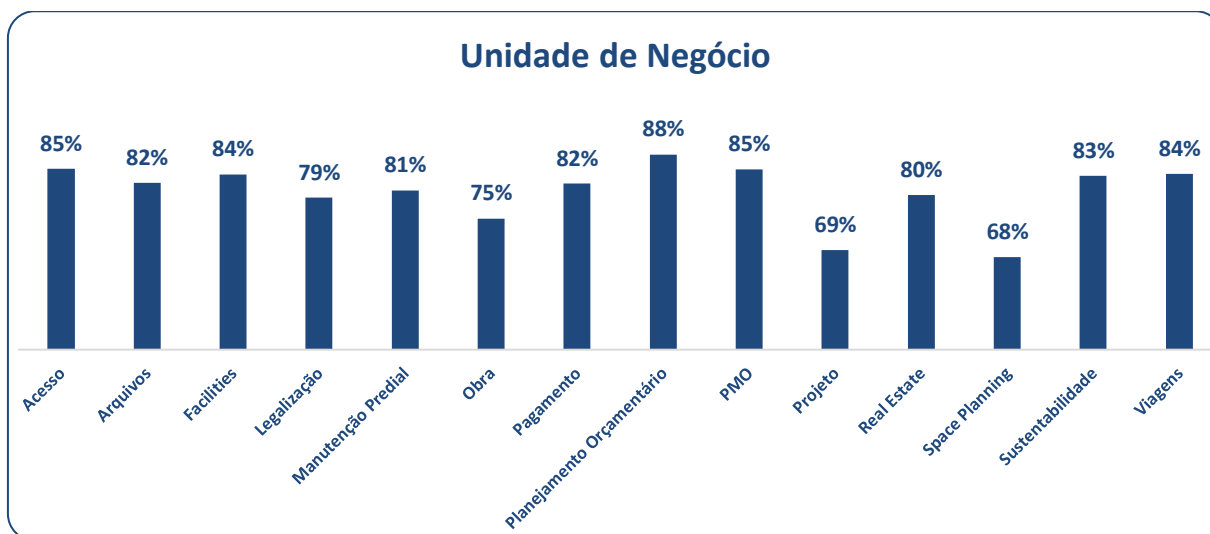
- **Controle de Acessos:** Responsável por definir soluções de acessos físicos aos prédios administrativos de forma segura e controlada.
- **Guarda de Arquivos:** Responsável por controlar a guarda de documentos necessários pelos funcionários, disponibilizando consultas e expurgos de acordo com SLAs acordados.
- **Facilities:** Responsável por gerir facilidades para os usuários dos prédios administrativos, como por exemplo, limpeza, restaurantes e lanchonetes, salas de reunião, recepções, estacionamento, galeria de serviços (banca de jornal, massagem, livraria, costureira, drogaria, esmaltaria, mercado, etc.).
- **Legalização:** Responsável por obter documentação para o funcionamento legal de uma edificação, como por exemplo: AVCB, Habite-se, Alvará de Funcionamento, etc.
- **Manutenção Predial:** Responsável pela operação de infraestrutura predial, sendo alimentação elétrica seja pela concessionária ou por meio de geradores, hidráulica e civil.
- **Obra:** Responsável pela execução das obras de melhorias e modernização dos espaços.
- **Pagamentos:** Responsável pela centralização de cadastro de pagamentos de contratos fixos, ou seja, que são recorrentes, como limpeza, manutenção predial, recepção, etc.
- **Planejamento Orçamentário:** Responsável por padronizar e centralizar as despesas de todas as unidades de negócio, e fazer o acompanhamento orçado x

real, bem como interagir com outras áreas com o objetivo de fazer as reclassificações das despesas nas contas corretas.

- PMO: Responsável por apoiar as unidades de negócios em grandes projetos, com o controle dos prazos e custos, por meio de indicadores de performance, para atingir os objetivos dos projetos.
- Projeto: Responsável pelo desenvolvimento de projetos, seguindo padrões pré-estabelecidos junto as equipes de operação, para subsidiar a equipe de execução de obras.
- Real Estate: Responsável pela prospecção de novos endereços seja para locação ou aquisição, bem como renegociação dos contratos de locação vigente.
- Space Planning: Responsável pelo planejamento de ocupação dos espaços, seja quando ocorre alguma reestruturação da área ou, crescimento/redução de equipe.
- Sustentabilidade: Responsável por obter dados de consumo da operação como energia, água e resíduos para contribuir positivamente com os índices de sustentabilidade.
- Viagens: Responsável por suprir necessidades dos funcionários em eventos externos com transportes aéreos e hotéis, ou internos como taxi e deslocamento entre prédios.

Os resultados apurados estão apresentados no gráfico da figura 21 demonstrando o quanto cada unidade de negócio vai até a empresa:

Figura 21 – Comportamento da ocupação por Unidade de Negócio



Fonte: o autor

De forma geral, todas as unidades que estão abaixo da média de ocupação, estão porque tem atividades em outros endereços, e todas as unidades acima da média, devem ser avaliadas qual o percentual do tempo que elas permanecem em suas estações de trabalho.

### 5.3 Resultados da análise dos Dados Primários

Após a avaliação dos cinco quesitos percebe-se uma relação entre a Unidade de Negócio e Estilo de Trabalho:

- As equipes que possuem estilo de trabalho Flutuante, ou seja, que vem para o escritório, porém não fica em sua posição de trabalho, vem para o escritório em média 86% dos dias, conforme tabela 2.
- Se considerarmos que essa equipe venha ao escritório e somente 50% dos dias ocupam uma posição de trabalho, a ocupação média total cairia de 80% para 78%. Isso significa que se têm duas posições a mais para utilização.
  - Atual = 131 posições x 0,80 = 104,8 posições
  - Proposto = 131 posições x 0,78 = 102,18 posições
- Essa pequena redução se dá, pois somente 6% da população observada trabalham com o estilo flutuante nessa observação.

- Para viabilizar isso, o espaço deveria ter mais espaços colaborativos para reuniões.

A Tabela 2 a seguir apresenta a taxa de presença de cada unidade de negócio:

**Tabela 2 - Relação Unidade de Negócio e Estilo de Trabalho**

	Média de %
<b>Fixa</b>	<b>83%</b>
Acesso	85%
Arquivos	82%
Legalização	79%
Pagamento	82%
Real Estate	80%
Sustentabilidade	83%
Viagens	84%
<b>Flutuante</b>	<b>86%</b>
Planejamento Orçamentário	88%
PMO	85%
<b>Volante</b>	<b>77%</b>
Facilities	84%
Manutenção Predial	81%
Obra	75%
Projeto	69%
Space Planning	68%
<b>Média</b>	<b>80%</b>

Fonte: o autor

Com os resultados apresentados na observação casual não se pode concluir com efetividade os motivadores para uma ocupação inadequada, ou melhor, pouco eficiente.

Até o momento, o cenário caminha para um modelo de programação linear, onde tem-se as restrições para otimizar, nesse caso, minimizar, o tamanho do espaço ocupado por uma empresa num prédio corporativo.



## 6 Formulação de modelo matemático com dados primários

Existem diversos modelos matemáticos que foram desenvolvidos e aprimorados durante os anos. A aplicação da Programação Linear tem sido utilizada em diversas áreas como Alimentação, Rotas de Transporte, Manufatura, Siderurgia, Petróleo, Agricultura, Carteira de Investimentos, Mineração e Localização Industrial, segundo CRÓCOLI (2016) que destaca o setor industrial como o setor que utiliza mais frequentemente. Não se encontrou a aplicação de Programação Linear no dimensionamento de espaços, o que torna o estudo tão inovador quanto desafiador.

Para se atingir o objetivo de ter o menor número de posições de trabalho num escritório corporativo, otimizando assim o tamanho da área ocupada, analisados em conjunto com o estilo de trabalho, a programação linear se apresenta como uma alternativa para dimensionar a quantidade ideal, ou melhor, dizendo, otimizada.

A proposta é aplicar a programação linear ao caso estudado, com o objetivo de confirmar a aplicação da metodologia, mesmo que de forma simplificada.

Durante a observação casual, capturaram-se os dados primários para aplicação no modelo. Identificou-se o comportamento de diversas equipes de trabalho.

Para cada estilo de trabalho, tem-se o seguinte número de funcionários e sua respectiva taxa de ocupação, conforme Tabela 3:

**Tabela 3 - Taxa de ocupação por Estilo de Trabalho**

<b>Estilo de Trabalho</b>	<b>Quantidade de funcionários</b>	<b>Área Ocupada</b>		<b>Taxa de ocupação</b>
Fixo	58	310	310	83%
Volante	65	347	390	77%
Flutuante	8	43		87%
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>700 m<sup>2</sup></b>		<b>80%</b>

Fonte: o Autor

## 6.1 Variáveis

Um modelo de programação linear pode ser resolvido graficamente com até três variáveis, contudo com a utilização de duas variáveis a solução ótima pode ser mais facilmente encontrada.

Dado isso, serão consideradas somente duas variáveis do problema, uma vez que população de perfil Fixo quando vem ao escritório, ocupa sua posição de trabalho por todo o tempo. Com isso, definiram-se as seguintes variáveis do problema:

$X_1$  – área de ocupação para uma população com o perfil Volante

$X_2$  – área de ocupação para uma população com o perfil Flutuante

## 6.2 Tipo de problema

No estudo de caso, o objetivo é ocupar o maior número de pessoas na menor área possível, pois os custos de ocupação são formados por meio da área ocupada. Quanto maior a área, maior as despesas.

O tipo de problema objeto desse estudo é de minimização, ou seja, quer-se identificar qual o menor espaço a ocupar para implementar um escritório corporativo.

## 6.3 Função Objetivo

A função objetiva é representada por uma função linear:

$$Z = a X_1 + b X_2$$

Aplicando-se os indicadores de taxa ocupação observados no estudo, o resultado da função objetivo é:  $Z = 0,77 X_1 + 0,87 X_2$

## 6.4 Restrições

As restrições foram definidas conforme o cenário do estudo de caso observado, descritas abaixo:

### 6.4.1 Restrição 1 - Legal

Os edifícios corporativos são regulamentados por norma técnica e órgãos reguladores definindo condições mínimas de ocupação para garantir a segurança dos ocupantes em caso de sinistros.

Segundo a NBR9077 – Saídas de emergência em edifícios (1993), locais de prestação de serviços profissionais ou condução de negócios, por exemplo, escritórios administrativos, o espaço dimensionado para uma pessoa deve ser de 7m<sup>2</sup>.

A Instrução Técnica nº 11 – Saídas de emergência (2019), do Corpo de Bombeiros, diz que para cálculo da população, será admitido o layout dos assentos permanentes apresentados em planta, considerando 7 m<sup>2</sup> de área para cada pessoa.

Dado isso, consideramos a seguinte restrição:

$$I. \quad X_1, X_2 \geq 7 \text{ m}^2$$

### 6.4.2 Restrição 2 – Disponibilidade de espaço

O espaço estudado possui aproximadamente 700m<sup>2</sup> com a ocupação da população total. Como desprezamos a população Fixa de 58 funcionários, aplicaremos uma regra simples de proporcionalidade, ficando com um espaço correspondente para a população Volante (65 posições) e Flutuante (8 posições) de 390m<sup>2</sup>. Essa área representa 5,34 m<sup>2</sup>/posição de trabalho, abaixo do limite da Restrição 1, pois tem-se aplicado o conceito de Mobilidade, onde se tem menos posições do que funcionários.

$$II. \quad X_1 + X_2 \leq 390 \text{ m}^2$$

### 6.4.3 Restrição 3 - População Flutuante com 50% de ocupação

Como mencionado no item 5.3 Resultados dos Dados Primários, foi observado que a população Flutuante apesar de ir até o escritório, ela passa a maior parte do tempo fora da sua estação de trabalho, em salas de reuniões, em conversas informações

em ambientes colaborativos, e até em outras áreas da empresa buscando informações e alinhando processos, em função do sua atividade. Dado isso, a restrição 3 propõe que essa população, mesmo que indo até o escritório ocupasse 50% das posições de trabalho. Isso sugere que metade da equipe estará em outros ambientes de trabalho, e na observação, a percepção é de que esse percentual é bastante conservador. Com isso, tem-se que área ocupada pela população Flutuante fique entre 50% (22 m<sup>2</sup>) e 100% (43m<sup>2</sup>) da área atualmente ocupada, definindo-se a restrição:

$$\text{III. } 22 \text{ m}^2 \leq X_2 \leq 43 \text{ m}^2$$

### **6.5 Condição de não negatividade**

Definidas as restrições, as variáveis  $X_1$  e  $X_2$  não podem ser negativas, ou seja, terão valores iguais ou superiores a zero, condição de não negatividade, que é representada por:

$$X_1, X_2 \geq 0$$

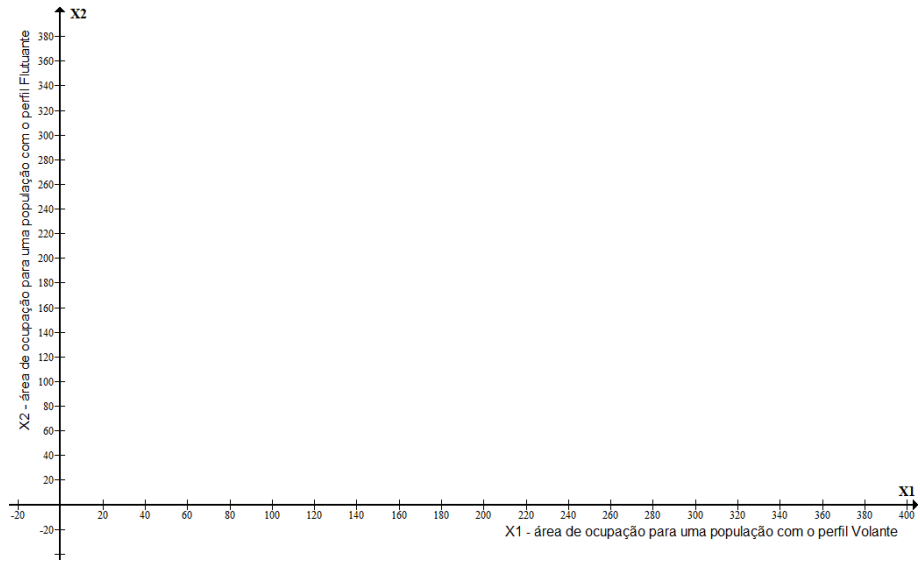
### **6.6 Aplicação do modelo matemático ao estudo de caso**

Existem diversos softwares no mercado que podem ajudar a gerar gráficos em duas dimensões de funções matemáticas e dados.

Adotou-se o uso de um software gratuito chamado Graph 4.4.2 do dinamarquês JOHANSEN (2012) para facilitar os cálculos e gerar gráficos que representem fielmente as condições do problema.

O modelo de programação linear se inicia pela condição de não negatividade, representada por  $X_1, X_2 \geq 0$ . Dado isso, tem-se a delimitação do espaço no eixo cartesiano, no 1º Quadrante, conforme representado no gráfico da figura 22:

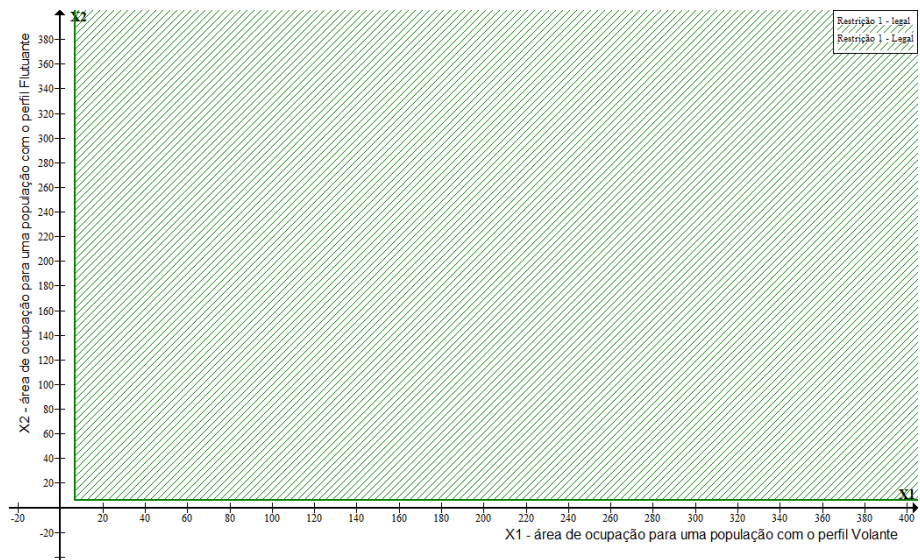
**Figura 22 - Condição de não negatividade**



Fonte: o autor

A seguir, plota-se as restrições identificadas anteriormente, iniciando pela Restrição 1, conforme figura 23:

Figura 23 – Restrição 1 - Legal



Fonte: o autor

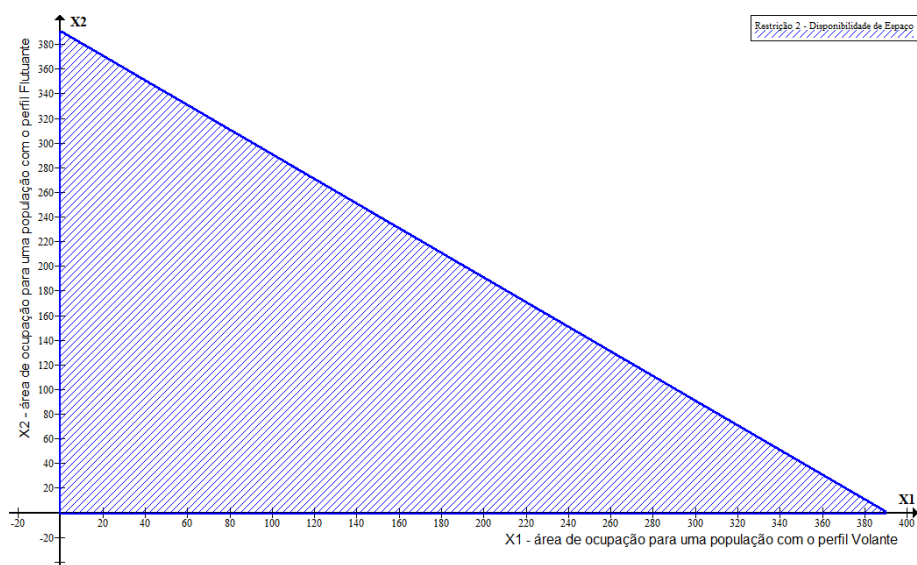
Utilizando a restrição 2, tem-se na figura 24:

$$X_1 + X_2 = 390 \text{ m}^2$$

Adotando  $X_1 = 0$  ou  $X_2 = 0$ , tem-se respectivamente:

$$X_2 = 390 \text{ e } X_1 = 390$$

Figura 24 – Restrição 2 – Disponibilidade de Espaços



Fonte: o autor

Por fim, a restrição 3, tem-se na figura 25:

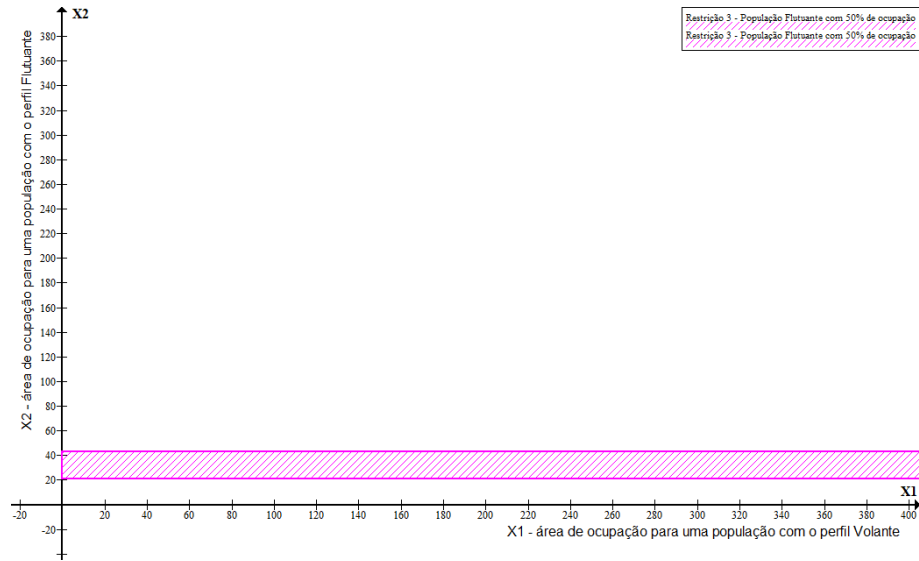
$$22 \text{ m}^2 \leq X_2 \leq 43 \text{ m}^2$$

Para facilitar a plotagem no eixo cartesiano tem-se:

$$X_2 \leq 43 \text{ m}^2$$

$$X_2 \geq 22 \text{ m}^2$$

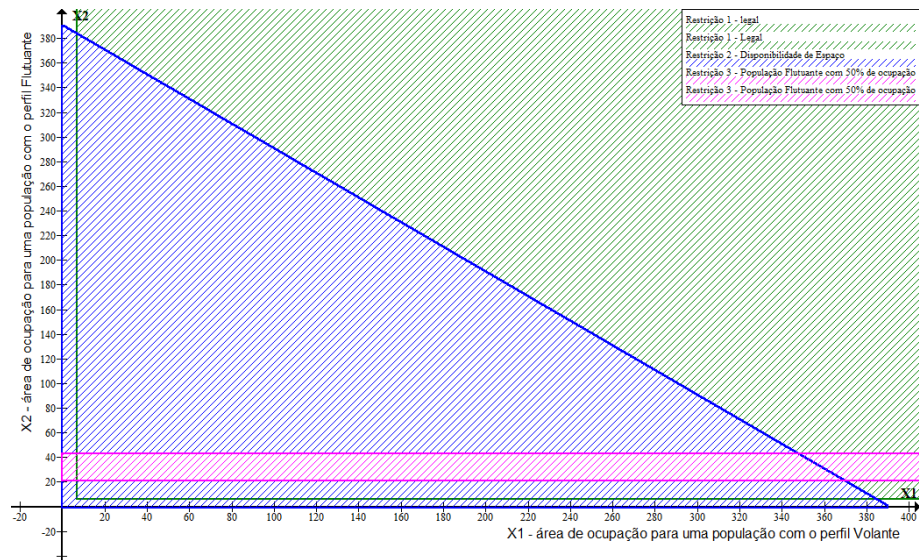
Figura 25 – Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação



Fonte: o autor

Plotando todas as restrições no eixo cartesiano, obtém-se a sobreposição das três restrições mapeadas, conforme figura 26:

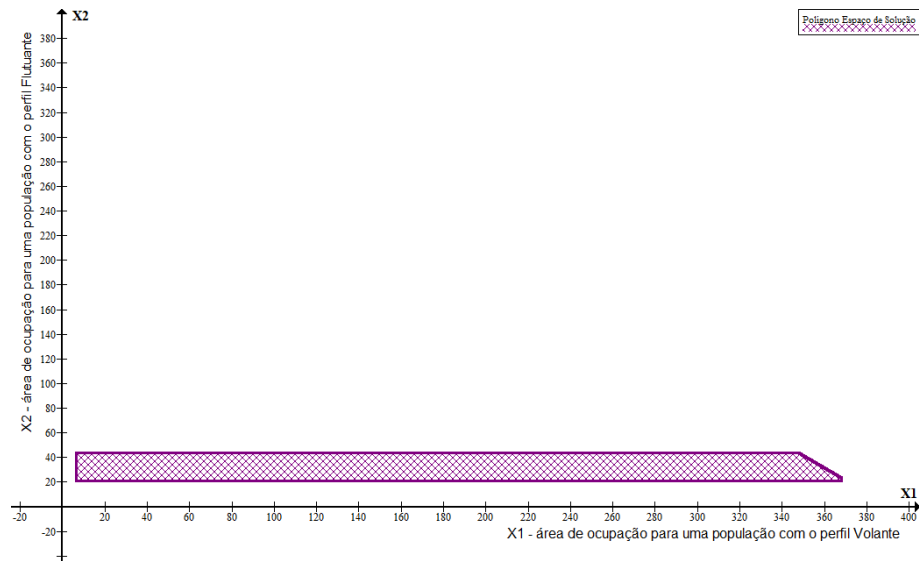
Figura 26 – Intersecção das restrições



Fonte: o autor

O polígono da figura 27, denominado Espaço de Soluções, representa todas possíveis opções de áreas que atendam a nossa necessidade.

Figura 27 – Polígono Espaço de Solução



Fonte: o autor

Contudo, como se trata de um problema de minimização, o objetivo é obter a menor área possível para acomodar os funcionários. Para isso, é necessário identificar o ponto  $(X_1^*, X_2^*)$ , contido no polígono Espaço Solução de forma que a função objetivo  $z = 0,77 X_1 + 0,87 X_2$  assuma o maior valor possível.

Para se determinar as curvas de nível da função  $z$ , deve-se atribuir valores a  $Z$ , como por exemplo:

$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 100$$

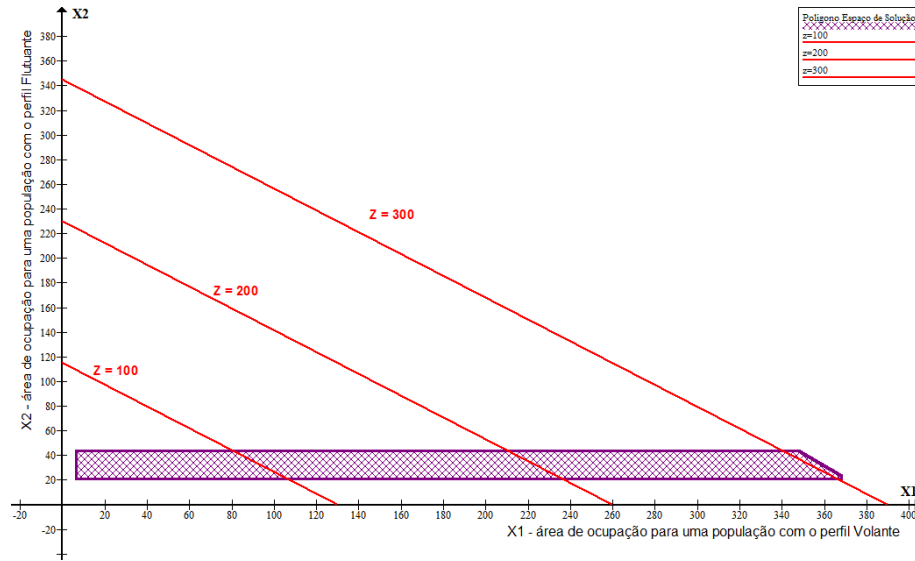
$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 200$$

$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 300$$

As curvas obtidas devem ser retas paralelas, como apresentado na figura 28:



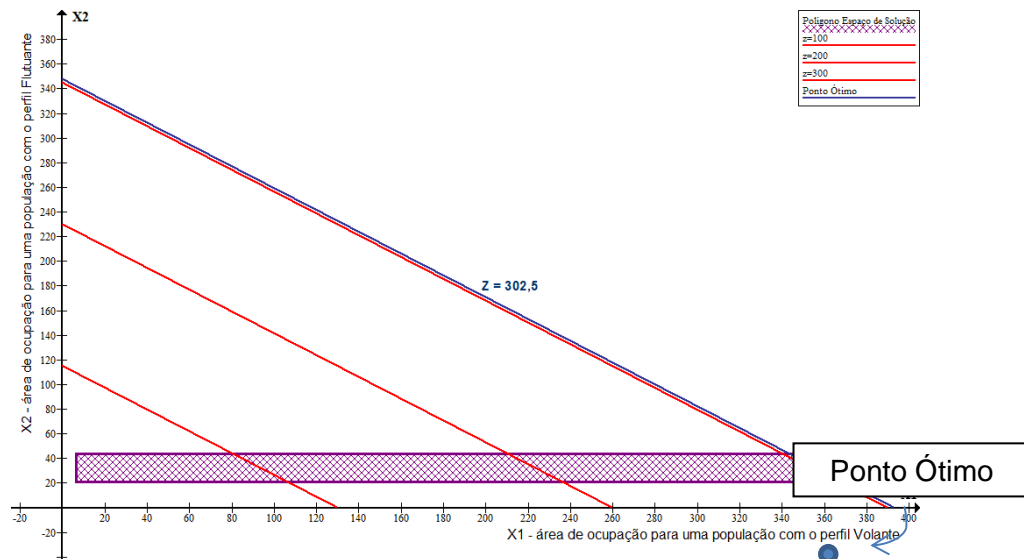
Figura 28 – Polígono Espaço Solução e Curvas de Nível



Fonte: o autor

O Ponto Ótimo é encontrado com o maior valor que a função  $Z$  poderá assumir. Nesse caso, obtem-se o valor de  $Z = 302,5$  no ponto  $(X_1^*, X_2^*)$  (368, 22) conforme figura 29:

Figura 29 – Ponto Ótimo



Fonte: o autor

O ponto ótimo indica o menor valor de área dada as restrições identificadas, onde no estudo de caso chegou-se a 302,5 m<sup>2</sup>.

## **6.7 Resultados Preliminares do Modelo Matemático com os dados primários**

Até o momento, com a aplicação dos dados primários, o estudo apresentou uma oportunidade de redução de espaço do ambiente estudado, de 390 para 302 m<sup>2</sup>, uma redução de 22,5% na área ocupada.

Como no estudo de caso tem-se apenas 11% das posições (8 posições) referentes à população Flutuante, não foi possível entender como impacta na combinação de perfis. Para entender como o percentual do tipo de ocupação interfere na área necessária, calculou-se algumas combinações de ocupação por tipo de população, e conclui-se que quanto maior o percentual da população Flutuante, menor será a área necessária, e conseqüentemente maior será a redução do espaço necessário.

Dado isso, o modelo de ocupação otimizada a ser proposto será um onde, qualquer empresa que ocupe um prédio administrativo ou que queira ocupar, deveria classificar seus ocupantes com os perfis Fixo, Volante e Flutuante.

Posteriormente, avaliar a taxa de ocupação média de cada um deles para traçar sua função objetivo, ou utilizar a referência observada e citada anteriormente.

Com isso, ela (a empresa) poderia dimensionar o menor espaço necessário para ocupar, otimizando os recursos disponíveis ou a alugar.

Como próximo passo, deverão ser aprofundados os estudos para validação do modelo e poder replicar num modelo orientativo.

## **7 Evolução do Modelo Matemático**

Segundo, RAYNER (1993), a informação é a base sobre a qual qualquer esforço de design do trabalho se apoia. Um grupo sem conhecimento sobre desempenho de negócios, clientes, tecnologia e eficácia operacional irá desenvolver um projeto com falhas.

Após validação preliminar do modelo de programação linear para dimensionamento dos espaços, pretende-se aprofundar sobre as informações coletadas (dados primários), bem como explorar ao máximo as restrições, buscando referências em bibliografia e estudos de casos reais. Inicialmente os espaços foram avaliados de forma macro, e daqui para frente serão detalhados numa granularidade maior e observando outros fatores que possam interferir no espaço ideal.

Segundo GURGEL (2017), o espaço de trabalho deve ser eficiente, agradável e promover o bem estar de seus ocupantes. Boa iluminação, conforto, ventilação, cores agradáveis e que atuem positivamente na mente das pessoas que ali trabalham ou circulam são indispensáveis.

Para aprofundamento dos fatores que possam interferir nos espaços de escritórios corporativos fez-se uma revisão bibliográfica buscando os aspectos normativos, e pesquisas documentais para entender os aspectos de uso da edificação.

### **7.1 Revisão de restrições**

#### **7.1.1 Aspectos Normativos**

O Ministério do Trabalho por meio de Normas Regulamentadoras (NR) definem obrigações, direitos e deveres aos empregadores e trabalhadores, com o objetivo de garantir um trabalho seguro e sadio.

Destaca-se a seguir a implicação de três NRs que impactam na disposição dos espaços de trabalho, sendo NR 4 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, NR 17 Ergonomia e NR 24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho.

### 7.1.1.1 NR 4 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

Segundo a NR4 (2016), as empresas privadas e públicas, os órgãos públicos da administração direta e indireta e dos poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT manterão, obrigatoriamente, Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, com a finalidade de promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador no local de trabalho.

O dimensionamento desses serviços é definido em função do risco da atividade principal da empresa e numero total de empregados, sendo a primeira definida no Quadro I, e a segunda definida no Quadro II, anexos da norma.

A tabela 4 que referencia o Quadro I Relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE (Versão 2.0), traz o correspondente Grau de Risco - GR para fins de dimensionamento do SESMT, o item 70.10-7 Sedes de empresas e unidades administrativas locais, atribui GR 1.

**Tabela 4 - Quadro I – Grau de Risco para fins de dimensionamento do SESMT**

<b>Códigos</b>	<b>Denominação</b>	<b>GR</b>
70.10-7	Sedes de empresas e unidades administrativas locais	1

Fonte: adaptado de NR4 (2016)

O Quadro II - DIMENSIONAMENTO DOS SESMT apresenta uma matriz de GR e N.º de Empregados no estabelecimento, conforme tabela 5:

Tabela 5 - Quadro II - Número de Empregados para dimensionamento do SESMT

**QUADRO II**  
(Alterado pela Portaria SSMT n.º 34, de 11 de dezembro de 1987)  
**DIMENSIONAMENTO DOS SESMT**

Grau de Risco	N.º de Empregados no estabelecimento	Técnicos							
		50 a 100	101 a 250	251 a 500	501 a 1.000	1.001 a 2.000	2.001 a 3.500	3.501 a 5.000	Acima de 5000 Para cada grupo De 4000 ou fração acima 2000**
1	Técnico Seg. Trabalho				1	1	1	2	1
	Engenheiro Seg. Trabalho						1*	1	1*
	Aux. Enferm. do Trabalho						1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1*	
	Médico do Trabalho					1*	1*	1	1*
2	Técnico Seg. Trabalho				1	1	2	5	1
	Engenheiro Seg. Trabalho					1*	1	1	1*
	Aux. Enferm. do Trabalho					1	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho					1*	1	1	1
3	Técnico Seg. Trabalho		1	2	3	4	6	8	3
	Engenheiro Seg. Trabalho				1*	1	1	2	1
	Aux. Enferm. do Trabalho					1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho				1*	1	1	2	1
4	Técnico Seg. Trabalho	1	2	3	4	5	8	10	3
	Engenheiro Seg. Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
	Aux. Enferm. do Trabalho				1	1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1

(\*) Tempo parcial (mínimo de três horas)  
 (\*\*) O dimensionamento total deverá ser feito levando-se em consideração o dimensionamento de faixas de 3501 a 5000 mais o dimensionamento do(s) grupo(s) de 4000 ou fração acima de 2000.

OBS: Hospitais, Ambulatórios, Maternidade, Casas de Saúde e Repouso, Clínicas e estabelecimentos similares com mais de 500 (quinhentos) empregados deverão contratar um Enfermeiro em tempo integral.

Fonte: NR4 (2016)

De acordo com o Grau de Risco definido inicialmente, no Quadro II pode-se estabelecer a quantidade de técnicos para atender os funcionários de determinado escritório corporativo, onde se destaca a necessidade de um médico do trabalho a partir de 1.001 funcionários. Ou seja, a partir dessa análise define-se a necessidade de implantação de um ambulatório empresarial.

### 7.1.1.2 NR 17 Ergonomia

Segundo KLIEMANN (1998), a Ergonomia já vem sendo aplicada com mais frequência em escritórios, porém em campo prático observam-se muitos aspectos ainda desconhecidos.

Atualmente a NR17 (2018) estabelece que, uma vez que a principal atividade de um trabalhador possa ser exercida na posição sentada, o local de trabalho deve ser

planejado ou adaptado visando condições de trabalho de modo proporcionar conforto, segurança e desempenho eficiente.

Para o trabalho manual sentado, como num escritório, as mesas devem proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização, e operação, e devem atender a requisitos mínimos como ter dimensões que possibilitem o posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais.

CASSANO (2008) complementa que:

“oferecer um posto de trabalho adequado a um indivíduo vai além da composição de mobiliários com características que atendam às recomendações da NR-17. Todo o entorno do local de trabalho deve responder positivamente às necessidades básicas como a circulação e acessibilidade dos indivíduos.”.

Dado isso, o espaço reservado para as posições de trabalho devem ser consideradas levando-se em consideração características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais.

### **7.1.1.3 NR 24 Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**

A Norma Regulamentadora 24 (2019) do Ministério do Trabalho e Emprego disciplina preceitos de higiene e de conforto a serem observados nos locais de trabalho, especialmente no que se referem a banheiros, vestiários, refeitórios, cozinhas, alojamentos e água potável, visando a proteção à saúde dos trabalhadores.

Em relação às Instalações Sanitárias, recomenda-se a adoção de 1m<sup>2</sup> para cada sanitário para cada 20 trabalhadores.

Em estabelecimentos com mais de 300 trabalhadores, a norma obriga a existência de um refeitório, dimensionado com 1m<sup>2</sup> por usuário, com capacidade para atender 1/3 do total de empregados por turno. Complementarmente, deverá se prever áreas de cozinha e depósitos de alimentos com 35% e 20% respectivamente da área do refeitório.

Algumas empresas e órgãos reguladores adotam critérios específicos para a obrigatoriedade de dispor de um espaço de refeitório para seus usuários. Segundo a Instrução Normativa nº 21 da ANAC, as edificações devem ser dotadas de refeitório de uso geral e compartilhado, dimensionado com 1 lugar para cada grupo de 40 ocupantes da edificação, e ter área de 3,5m<sup>2</sup> por lugar.

Considerando-se essas informações, para ocupações com ocupação superior a 300 posições deve ser previsto um espaço para refeitório, cozinha e depósito, conforme disposto anteriormente.

### **7.1.2 Aspectos de uso da edificação**

Com o objetivo de entender o comportamento de ocupação de outros escritórios corporativos, estabeleceram-se aspectos de uso da edificação que indicam como se comporta a ocupação de lajes corporativas, e buscar referência para se aplicar ao modelo de ocupação sugerido.

Para entender como se dá o uso da edificação em escritórios corporativos buscou-se avaliar casos reais de ocupação e criar setorizações do pavimento, de acordo com o uso dos espaços para facilitar as referências.

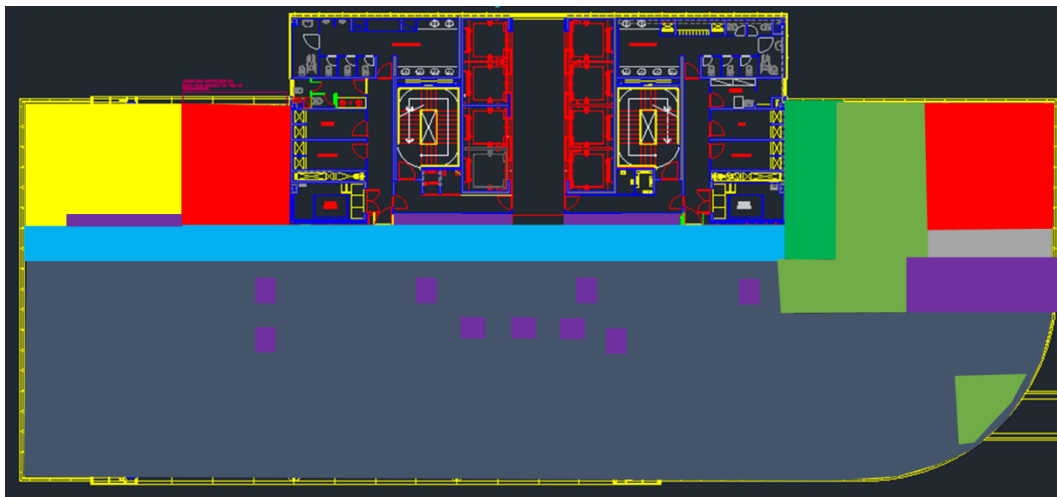
CARVALHO (2018) e KLIEMANN (1998) estratificam o espaço nos diversos tipos de ocupação existente num escritório, e destacam medidas mínimas de espaços de estações de trabalho e circulação.

As pesquisas documentais foram realizadas em cinco escritórios com perfis similares de atividade, avaliando puramente como a ocupação é feita, sem avaliar o tipo de atividade dos ocupantes. Trata-se de edifícios existentes em pelo uso, localizados em regiões com perfil corporativo na cidade de São Paulo.

Cada um dos escritórios, denominados como A, B, C, D e E, tiveram seus espaços estratificados nas seguintes áreas: de Estação de Trabalho, Reunião Aberta, Reunião Fechada, Copa, Descompressão, CPD, Foco, Circulação, Guarda de Documentos, e Sanitários PCD.





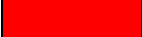





No Escritório A tem-se 66% da área utilizada com estações de trabalho, conforme figura 30 e tabela 6:

**Figura 30 – Setorização de Ocupação – Escritório A**



Fonte: o Autor

**Tabela 6 - Tabela de Ocupação - Escritório A**

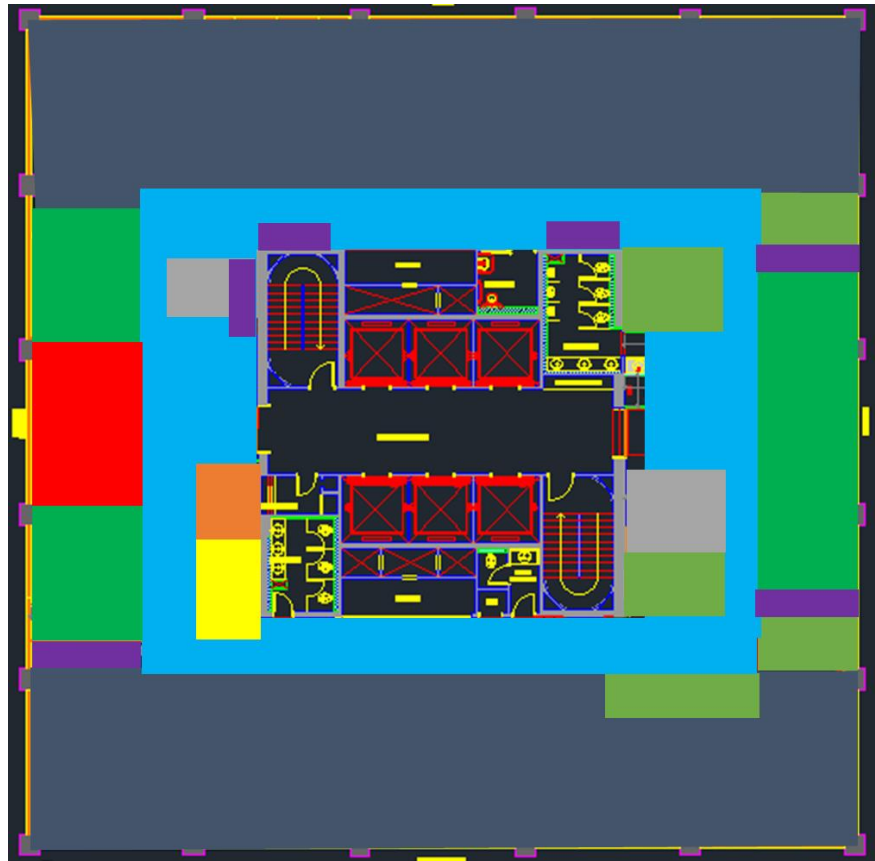
Legenda	Setores	Área (m <sup>2</sup> )	
	Área Total	1620	
	Área Útil	1237	
	Estação de Trabalho	813	66%
	Reunião Aberta	66	5%
	Reunião Fechada	34	3%
	Copa	62	5%
	Descompressão	108	9%
	CPD	0	0%
	Foco	13	1%
	Circulação	98	8%
	Guarda de Documentos	43	3%
	Sanitários PCD	0	0%

Fonte: o Autor

No Escritório B tem-se 50% da área utilizada com estações de trabalho, conforme figura 31 e tabela 7:













Figura 31 - Setorização de Ocupação – Escritório B



Fonte: o Autor

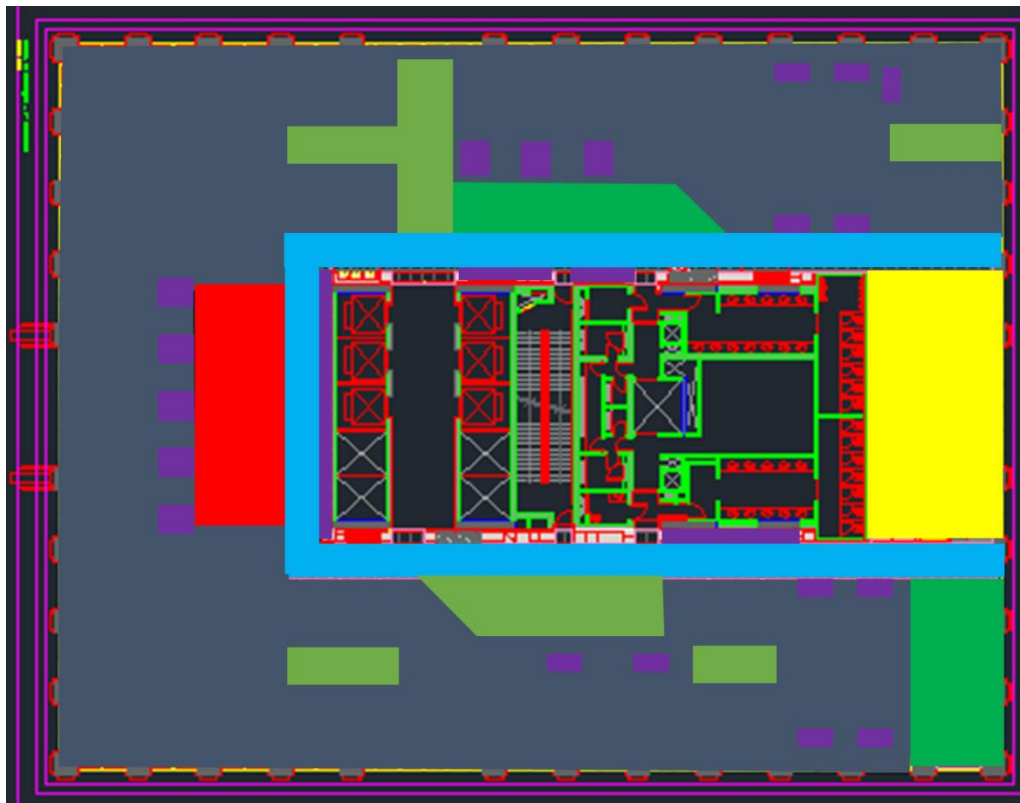
Tabela 7 - Tabela de Ocupação - Escritório B

Legenda	Setores	Área (m <sup>2</sup> )	
	Área Total	980	
	Área Útil	796	
	Estação de Trabalho	398	50%
	Reunião Aberta	61	8%
	Reunião Fechada	86	11%
	Copa	9	1%
	Descompressão	27	3%
	CPD	7	1%
	Foco	28	4%
	Circulação	157	20%
	Guarda de Documentos	23	3%
	Sanitários PCD	0	0%

Fonte: o Autor

No Escritório C tem-se 67% da área utilizada com estações de trabalho, conforme figura 32 e tabela 8:

Figura 32 - Setorização de Ocupação – Escritório C



Fonte: o Autor

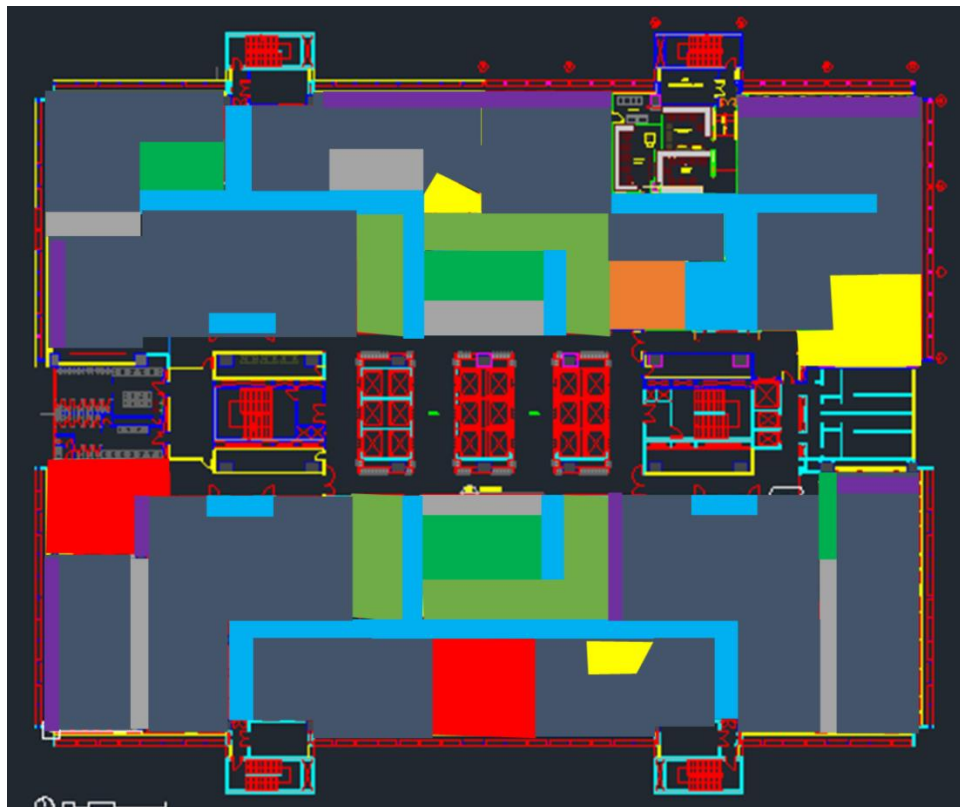
Tabela 8 - Tabela de Ocupação - Escritório C

Legenda	Setores	Área (m <sup>2</sup> )	
		Área Total	1944
	Área Útil	1555	0
	Estação de Trabalho	1035	67%
	Reunião Aberta	33	2%
	Reunião Fechada	89	6%
	Copa	96	6%
	Descompressão	59	4%
	CPD	0	0%
	Foco	0	0%
	Circulação	186	12%
	Guarda de Documentos	57	4%
	Sanitários PCD	0	0%

Fonte: o Autor

No Escritório D tem-se 61% da área utilizada com estações de trabalho, conforme figura 33 e tabela 9:

Figura 33 - Setorização de Ocupação – Escritório D



Fonte: o Autor

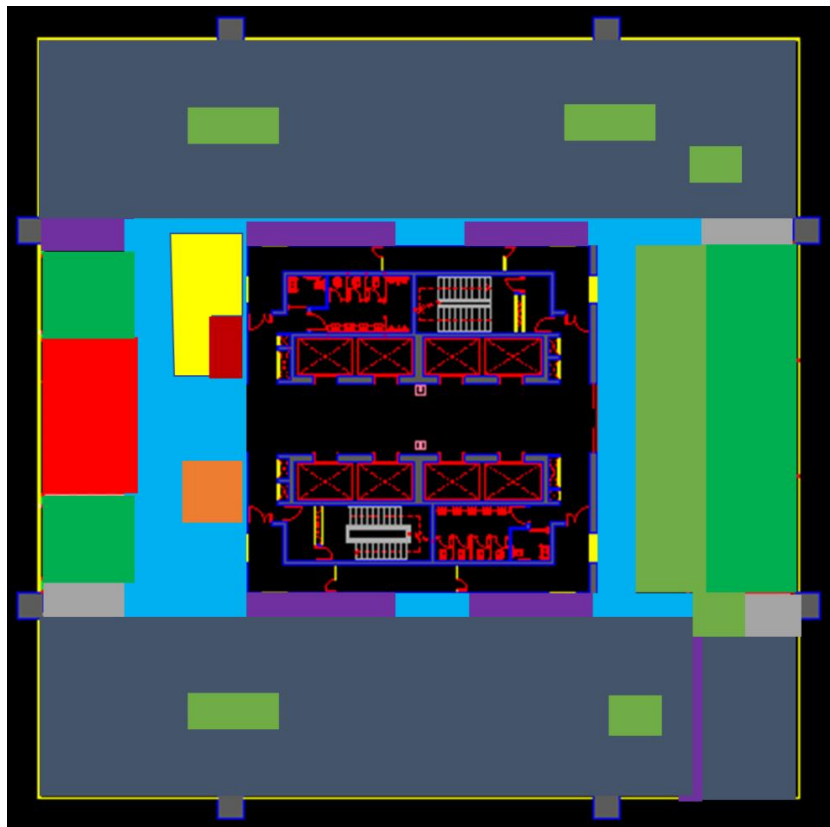
Tabela 9 - Tabela de Ocupação - Escritório D

Legenda	Setores	Área (m <sup>2</sup> )	
		Área Total	5580
	Área Útil	4033	
	Estação de Trabalho	2476	61%
	Reunião Aberta	178	4%
	Reunião Fechada	355	9%
	Copa	128	3%
	Descompressão	222	6%
	CPD	51	1%
	Foco	150	4%
	Circulação	436	11%
	Guarda de Documentos	37	1%
	Sanitários PCD	0	0%

Fonte: o Autor

E por fim, no Escritório E tem-se 51% da área utilizada com estações de trabalho, conforme figura 34 e tabela 10:

Figura 34 - Setorização de Ocupação – Escritório E



Fonte: o Autor

Tabela 10 - Tabela de Ocupação - Escritório E

Setores	Área (m²)	
	Área Total	Área Útil
1525	1201	

Legenda	Setores	Área (m²)	Porcentagem
Cinza Escuro	Estação de Trabalho	609	51%
Verde Escuro	Reunião Aberta	133	11%
Verde Claro	Reunião Fechada	125	10%
Amarelo	Copa	20	2%
Vermelho	Descompressão	42	3%
Laranja	CPD	9	1%
Cinza Claro	Foco	38	3%
Azul	Circulação	150	12%
Roxo	Guarda de Documentos	71	6%
Marrom	Sanitários PCD	4	0%

Fonte: o Autor

Os valores foram compilados na tabela abaixo, onde se obteve uma média de área média em cada um dos setores, com o objetivo de obter referencias para se aplicar ao modelo. Contudo, observam-se algumas discrepâncias em função de particularidades de cada uma das ocupações.

Como se trata de referencias e não índices determinantes para definição de espaços fez-se um ajuste na média, expurgando os maiores e menores valores, e gerou-se a média ajustada, com o objetivo de uniformizar as informações, conforme tabela 11:

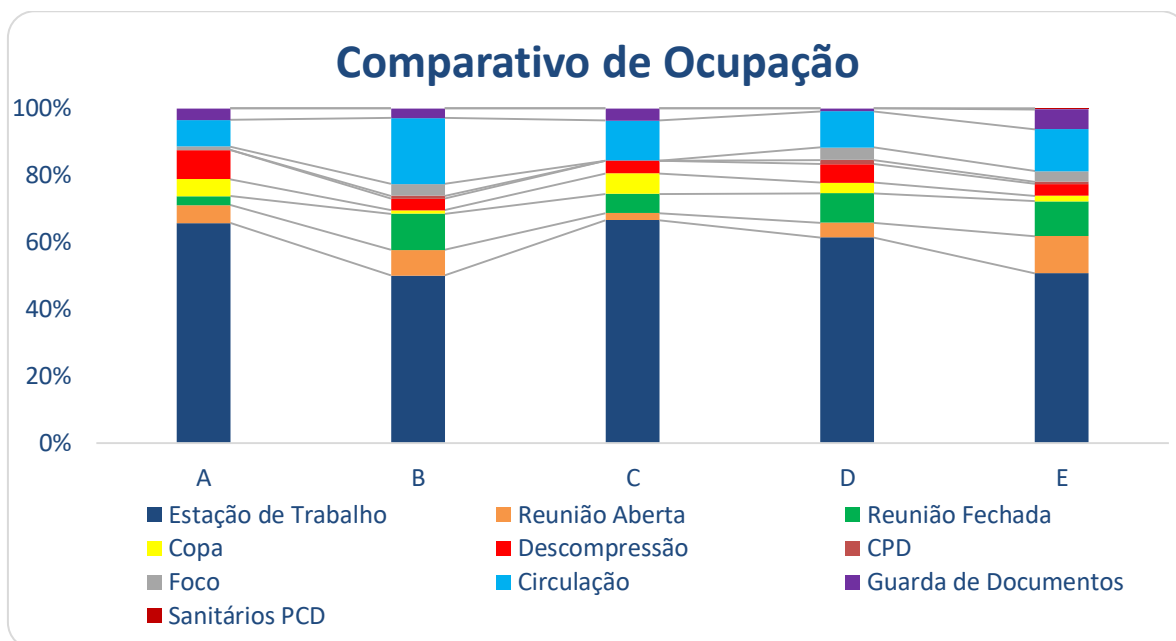
**Tabela 11 - Tabela de Ocupação Consolidada**

Setores	A	B	C	D	E	Média	Média Ajustada
Estação de Trabalho	66%	50%	67%	61%	51%	59%	59%
Reunião Aberta	5%	8%	2%	4%	11%	6%	6%
Reunião Fechada	3%	11%	6%	9%	10%	8%	8%
Copa	5%	1%	6%	3%	2%	3%	3%
Descompressão	9%	3%	4%	6%	3%	5%	4%
CPD	0%	1%	0%	1%	1%	1%	1%
Foco	1%	4%	0%	4%	3%	2%	3%
Circulação	8%	20%	12%	11%	12%	13%	12%
Guarda Documentos	3%	3%	4%	1%	6%	3%	3%
Sanitários PCD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fonte: o Autor

O gráfico da figura 35 apresenta de uma forma mais visual o comportamento de uso dos espaços dos escritórios avaliados. Como não se levou em consideração o tipo de atividade produzida nos espaços, não se pode concluir que o plano de ocupação esteja distorcido, muito pelo contrario, reforça que cada espaço é ocupado de acordo com o seu programa de necessidades específicas.

Figura 35 – Comparativo de Ocupação



Fonte: o Autor

Ao analisar o comportamento de ocupação dos edifícios, conclui-se que cada um tem um comportamento similar de uso dos espaços, mantendo-se suas proporcionalidades por espaços. Isso permite que as referências podem ser usadas como base em estudos preliminares.

### 7.1.3 Outras referências obtidas

Alguns espaços quase que obrigatoriamente estão presentes nos escritórios corporativos, e foram mapeadas referências de áreas médias e relação por quantidade de posições:

Espaços destinados a CPD (Centro de Processamento de Dados) – 8m<sup>2</sup>

Sanitário Acessível – 4m<sup>2</sup>

DML - Depósito de Materiais de Limpeza – 3m<sup>2</sup>

Espaço destinado a Impressão – 7m<sup>2</sup>, equivalente a 1 posição de trabalho

Espaços de foco – a cada 5% das posições – cada espaço com 1,5m<sup>2</sup>

Salas de reuniões fechadas – 1 sala a cada 25 posições – cada sala com 15m<sup>2</sup>

Sanitários – 1 a cada 20 pessoas

Descompressão – 4% da área útil, com área mínima de 27m<sup>2</sup>

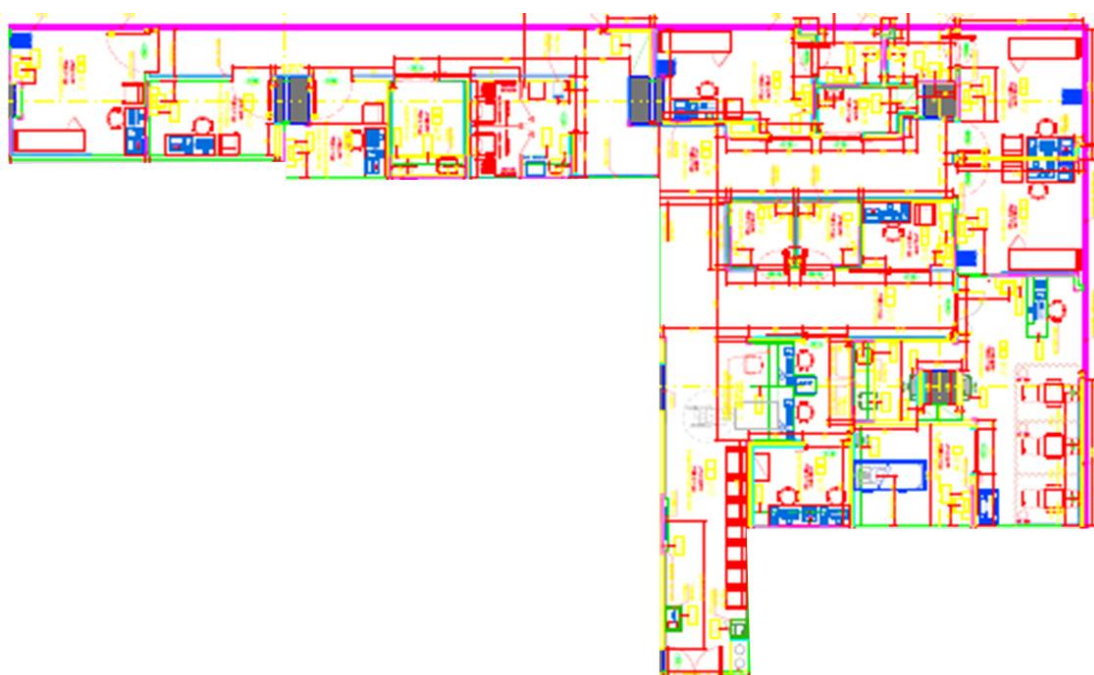
Copa – 3% da área útil, com área mínima de 20m<sup>2</sup>

Guarda de documentos – 3% da área útil, com área mínima de 23m<sup>2</sup>

Ambulatório médico – trata-se de um espaço bem específico que geralmente é dimensionado de acordo com o hospital ou clínica que irá operacionalizar os serviços de saúde corporativa.

Como referência de dimensionamento, por meio de um estudo de caso, buscou-se um ambulatório instalado e em operação, num prédio com aproximadamente 6.600 funcionários, conforme figura 36:

**Figura 36 – Layout Ambulatório Estudo de Caso**



Fonte: o Autor

O espaço conta com diversos ambientes que foram destacados na tabela 12, dentre eles recepção, administração, triagem, medicação, estabilização, consultório de assistente social, cantinho da mamãe para retirada e armazenamento do leite materno, utilidades e resíduos, depósito de matérias de limpeza, circulação e 5 consultórios, correspondendo a 1.320 funcionários por consultório:

Tabela 12 - Dimensões Ambulatório Médico

Ambiente	Área (m²)
Recepção/Espera	33,21
Circulação 1	2,49
Administração	6,68
Sanitários PCD	6,48
Triagem	4,75
Medicação	30,64
Estabilização	10,21
Circulação 2	65,17
Consultório 1	12,33
Consultório 2	13,52
Consultório 3	12,38
Consultório 4	8,14
Consultório 5	14,3
Sanitários	6,04
Consultório Assistente Social	7,39
Utilidades e resíduos	5,99
Cantinho da Mamãe	8,24
DML - Depósito de Materiais e Limpeza	3,45
<b>Total</b>	<b>251,41</b>

Fonte: o Autor

Com isso, na validação do modelo de Programação Linear serão adotadas as referencias de áreas mapeadas no estudo de caso, o referencial de quantidade de consultórios pela população do escritório corporativo, tendo uma dimensão mínima uma área de aproximadamente 90m², conforme tabela 13:

Tabela 13 - Dimensão Mínima de Ambulatório

Ambiente	Área (m²)
Recepção/Espera	6,64
Circulação	13,53
Administração	6,68
Sanitários PCD	6,48
Triagem	4,75
Medicação	6,13
Estabilização	10,21
Consultório	12,13
Sanitários	6,04
Utilidades e resíduos	5,99
Cantinho da Mamãe	8,24
DML - Depósito de Materiais e Limpeza	3,45
<b>Total</b>	<b>90,28</b>

Fonte: o Autor



Segundo ROMERO (2012) e CHUA (2011), os espaços colaborativos como Descompressão, Foco, entre outros, são capazes de promover a interação entre as equipes, alavancando a criatividade e inovação, e atualmente são encontrados com facilidade nos escritórios corporativos.

A tabela 14 apresentada por CARVALHO (2018) fornece referências similares, destacando espaços de trabalho aberto, semiaberto e individual, bem como fornecendo uma recomendação de dimensões para cada tipo de espaço:

**Tabela 14 - Tipo de escritório aberto e layout**

Tipo de layout	Tipo de escritório	Característica de uso	Dimensão recomendada por estação de trabalho	Indicação de layout	Indicação de localização
Aberto	Estação temporária	Curta duração e individual	4 m <sup>2</sup>	Design atrativo e com mesas altas	Áreas internas
					Próxima a alto fluxo de circulação
	Coletivo	Área aberta para mais de 10 pessoas	6 m <sup>2</sup>	Evitar que as pessoas fiquem de costas para a circulação	Próxima a janelas
					Evitar ser próximo de alto fluxo de circulação
	Salas de grupo	Pequeno grupo que precisa de privacidade	6 m <sup>2</sup>	Dispor a mesa para ajudar na concentração	Próxima a janelas
				Mesa de forma que se veja a porta	Pode ser perto de alto fluxo de circulação
Semiaberto	Salão de trabalho	Informal e pequeno grupo	4 m <sup>2</sup>	Evitar bancada única	Pode ser nas áreas mais internas
				Design diferente	Pode ser próximo a circulação e apoio
	Estação celular	Individual com interação	6 m <sup>2</sup>	Estação individual separado por divisórias	Próxima a janelas
					Evitar ser próximo de alto fluxo de circulação
	Estação linear	Trabalho em equipe	6 m <sup>2</sup>	Dispor a mesa para ajudar na concentração	Próxima a janelas
					Evitar ser próximo de alto fluxo de circulação
Individuais	Escritório	Atividades confidenciais,	9 m <sup>2</sup>	Mesa de forma que se veja a porta	Próxima a janelas

		com muita atenção e pode haver reunião		Divisórias transparentes	Próxima a alto fluxo de circulação
	Cabine	Atividades confidenciais, com muita atenção e curto tempo	6 m <sup>2</sup>	Mesa de forma que se veja a porta	Áreas internas
				Não usar todas as divisórias transparentes	

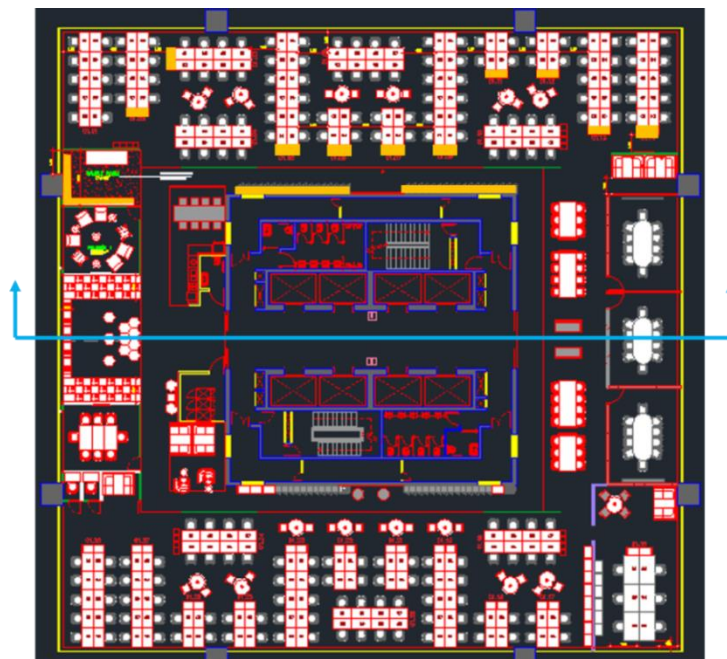
Fonte: CARVALHO (2018)

Essas referências devem ser levadas em consideração na validação do modelo proposto, contudo a sua aplicação em simulações futuras dependerão do programa de necessidades de cada ocupante, onde serão definidos os espaços necessários da ocupação do escritório.

## 7.2 Aplicação no modelo de Programação Linear

Para validação do modelo de programação linear, serão consideradas as restrições inicialmente levantadas, bem como as informações sob os aspectos normativos, aspectos de uso da edificação e as outras referências. Para aplicar a estratificação no estudo de caso, a parte superior do layout representa o espaço estudado, conforme figura 37:

Figura 37 – Layout Estudo de caso



Fonte: o autor

O pavimento possui uma área total de 1.525 m<sup>2</sup>, e uma área útil de 1.181 m<sup>2</sup>, e considerando-se meio andar no estudo de caso, tem-se uma área de 590,5 m<sup>2</sup>. No aprofundamento do levantamento de áreas obtiveram-se os resultados da tabela 15, que foram classificados em três tipos: Aberto, Fechado e Outros:

Tabela 15 - Quadro de Áreas

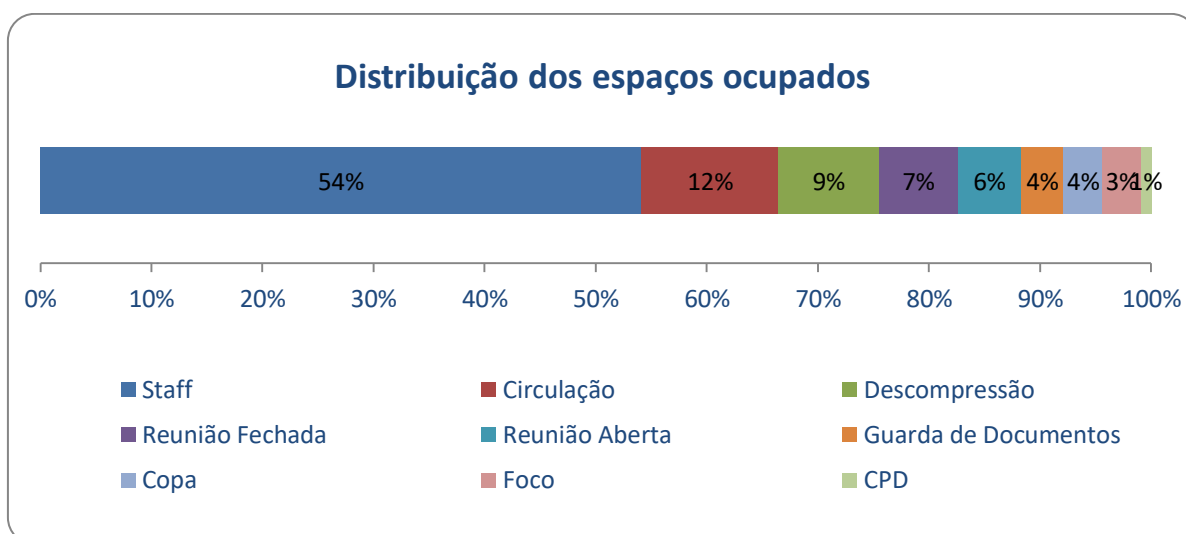
Tipo	Espaço	%	Área
Aberto	Staff	54%	319,6
Aberto	Reunião Aberta	6%	33,6
Aberto	Copa	4%	20,7
Aberto	Descompressão	9%	53,3
Fechado	Reunião Fechada	7%	42
Fechado	CPD	1%	5,5
Fechado	Foco	3%	20,2
Outros	Circulação	12%	72,9
Outros	Guarda de Documentos	4%	22,7
<b>Total</b>			<b>590,5</b>

Fonte: o autor

Nota-se que o maior volume, 54%, representa estações de trabalho, já respeitando as normas ergonômicas de espaçamento e circulação entre as posições.

Tem-se uma distribuição de espaços ocupados conforme gráfico da figura 38:

Figura 38 – Distribuição dos espaços ocupados

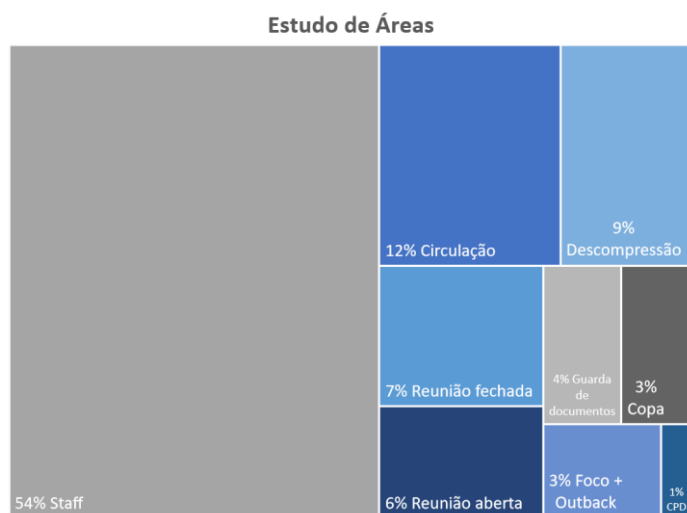


Fonte: o autor

Serão consideradas como áreas potenciais de ganhos de espaço as classificadas como Staff e Circulação, que de forma combinada podem sofrer alterações. Os demais espaços serão definidos conforme o aprofundamento do estudo estipulou em outras referências obtidas.

No gráfico da figura 39 destacam-se as duas áreas que somam 66% do espaço potencial de redução.

**Figura 39 – Potencial espaço de redução**



Fonte: o autor

Para validação do modelo, será considerada a área de 392,5 m<sup>2</sup>, composta por 319,6 m<sup>2</sup> de staff (estações de trabalho) e 72,9 m<sup>2</sup> de circulação. Com isso, as áreas ocupadas tiveram seus valores ajustados, conforme tabela 16:

**Tabela 16 - Quadro de áreas ocupadas**

Espaço	Estilo de Trabalho	Quantidade de funcionários	Área Ocupada		Taxa de ocupação
Staff + Circulação	Fixo	58	392,5	173,8	83%
	Volante	65		218,7	77%
	Flutuante	8			87%
Demais			198,0		
	<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>590,5 m<sup>2</sup></b>		<b>80%</b>

Fonte: o autor

Aplicando-se as áreas ao modelo de programação linear, obtêm-se as seguintes restrições:

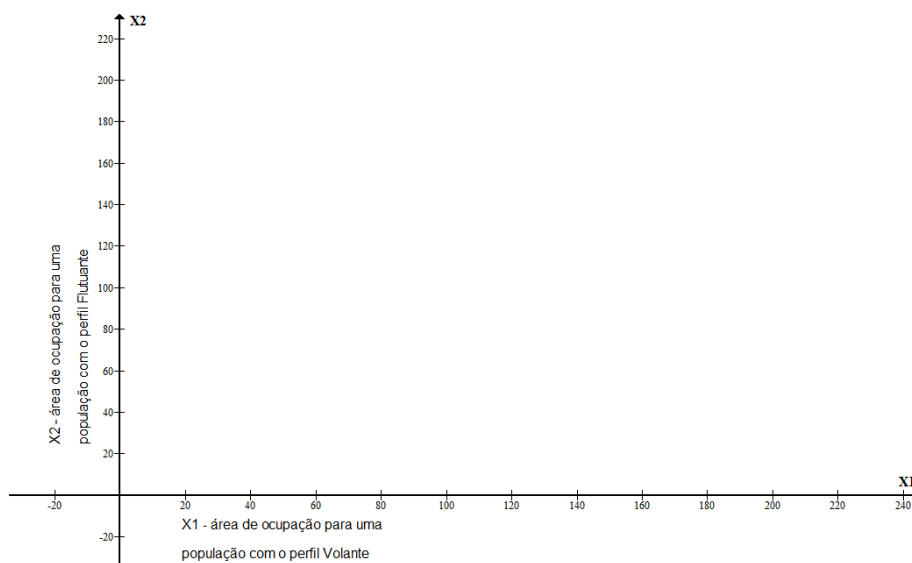
- Restrição Legal:  $X_1, X_2 \geq 7 \text{ m}^2$
- Restrição Disponibilidade de Espaço:  $X_1 + X_2 \leq 218,7 \text{ m}^2$

- Restrição População Flutuante com 50% de ocupação:  $12 \text{ m}^2 \leq X_2 \leq 24 \text{ m}^2$
- Restrição Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho: População > 1.001, deve disponibilizar um ambulatório, com dimensão mínima de  $90 \text{ m}^2$ , e a cada 1.320 funcionários, incluir mais um consultório com uma área de  $12,13 \text{ m}^2$
- Restrição Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho: População > 300, correspondente a  $465 \text{ m}^2$ 
  - Refeitório:  $1 \text{ m}^2/\text{usuário}$  ( $1/3$  da população) =  $300 \text{ m}^2$
  - Cozinha: 35% da área do refeitório =  $0,35 * 300 = 105 \text{ m}^2$
  - Depósito de Alimentos: 20% da área do refeitório =  $0,2 * 300 = 60 \text{ m}^2$

Com as restrições definidas, adota-se o mesmo procedimento da metodologia apresentada anteriormente, iniciando pela condição de não negatividade, aplicando as restrições que definirá o polígono espaço de soluções. Posteriormente, aplica-se a função objetivo para definir as curvas de nível até identificar o ponto ótimo, que apresentará o espaço ideal de ocupação.

Inicialmente, atendendo a condição de não negatividade, onde se tem  $X_1, X_2 \geq 0$ , plota-se o eixo cartesiano com destaque para o quadrante superior direito, de acordo com a figura 40:

**Figura 40 – Validação Condição de não negatividade**

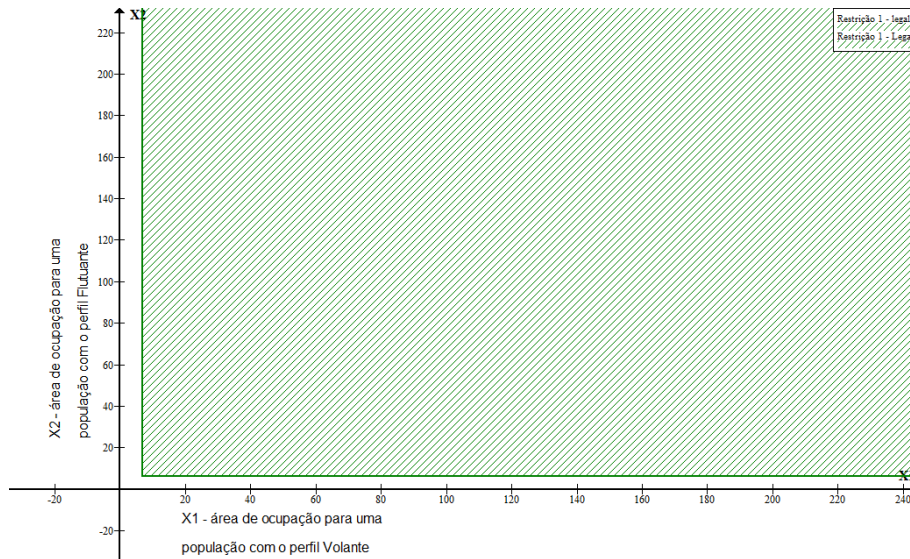


Fonte: o autor

Na sequencia, plota-se as restrições no gráfico da figura 41, sendo elas Legal, Disponibilidade de Espaço e População Flutuante com 50% de ocupação, respectivamente:

- Restrição Legal:  $X_1, X_2 \geq 7 \text{ m}^2$

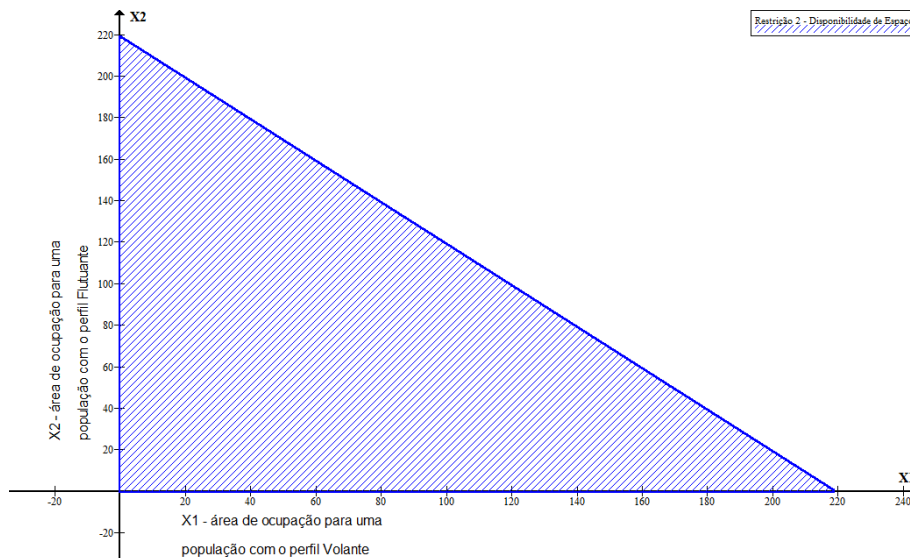
Figura 41 – Validação Restrição 1 - Legal



Fonte: o autor

- Restrição Disponibilidade de Espaço:  $X_1 + X_2 \leq 218,7 \text{ m}^2$ , conforme gráfico da figura 42:

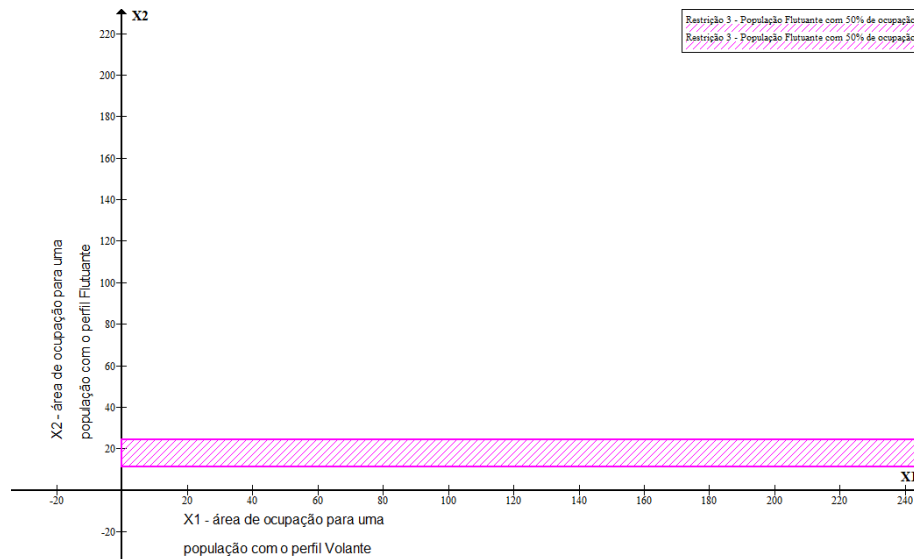
Figura 42 – Validação Restrição 2 – Disponibilidade de Espaço



Fonte: o autor

- Restrição População Flutuante com 50% de ocupação:  $12 \text{ m}^2 \leq X2 \leq 24 \text{ m}^2$ , conforme gráfico da figura 43:

**Figura 43 – Validação Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação**

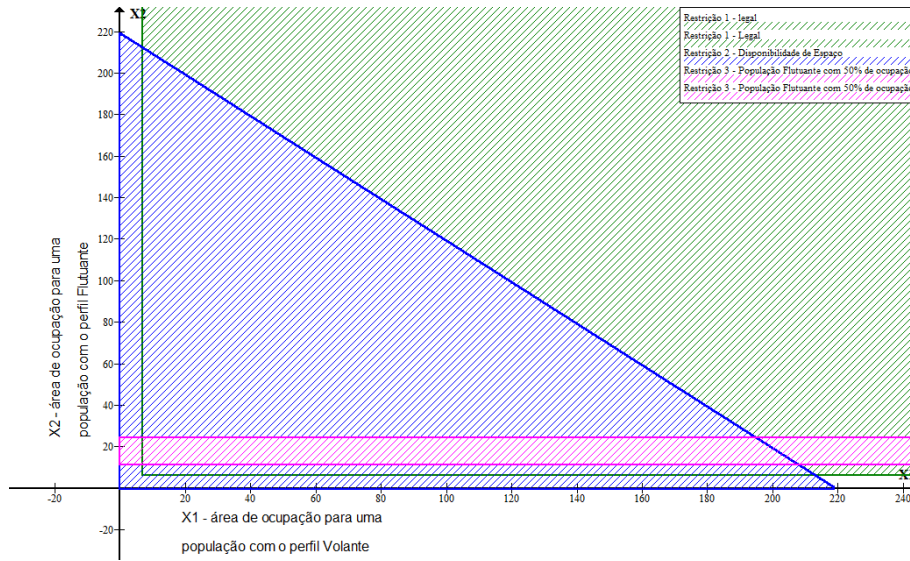


Fonte: o autor

Dado que se tem uma população de 131 funcionários no estudo de caso, a Restrição 4 - Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho não se aplica no modelo, pois tem efeito com uma população superior a 1.001 funcionários no escritório, e a Restrição 5 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, também não se aplica, pois tem efeito com uma população superior a 300 funcionários no escritório.

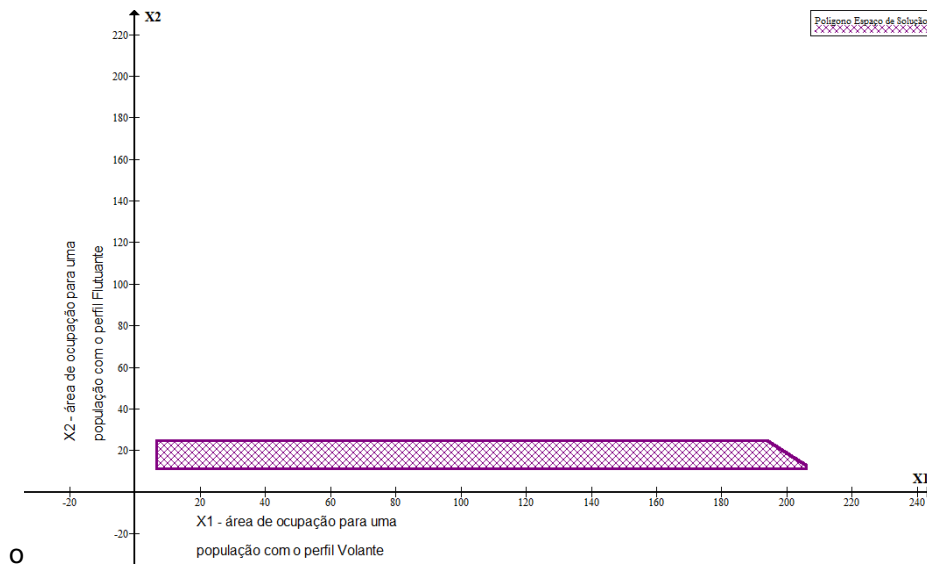
Nas figuras 44 e 45 tem-se a intersecção das restrições e o Polígono Espaço de Soluções:

Figura 44 – Validação Intersecção das Restrições 1, 2 e 3



Fonte: o autor

Figura 45 – Validação do Polígono Espaço de Solução



Fonte: o autor

Para obter o ponto ótimo, que indicará a área necessária, precisam-se definir as curvas de níveis, atribuindo valores a Z:

$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 50$$

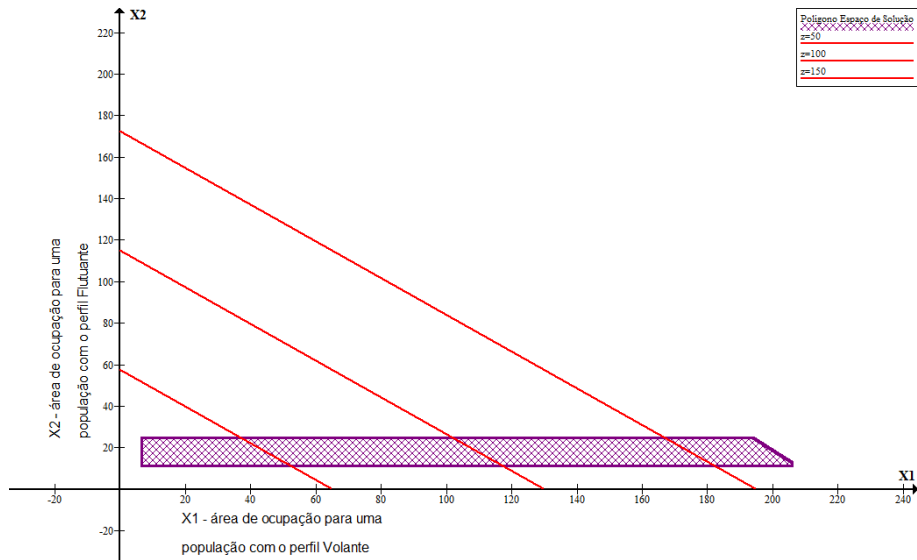
$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 100$$

$$0,77 X_1 + 0,87 X_2 = 150$$



As curvas obtidas são retas paralelas que visam atingir o ponto mais distante do polígono Espaço de Solução, como apresentado na figura 46:

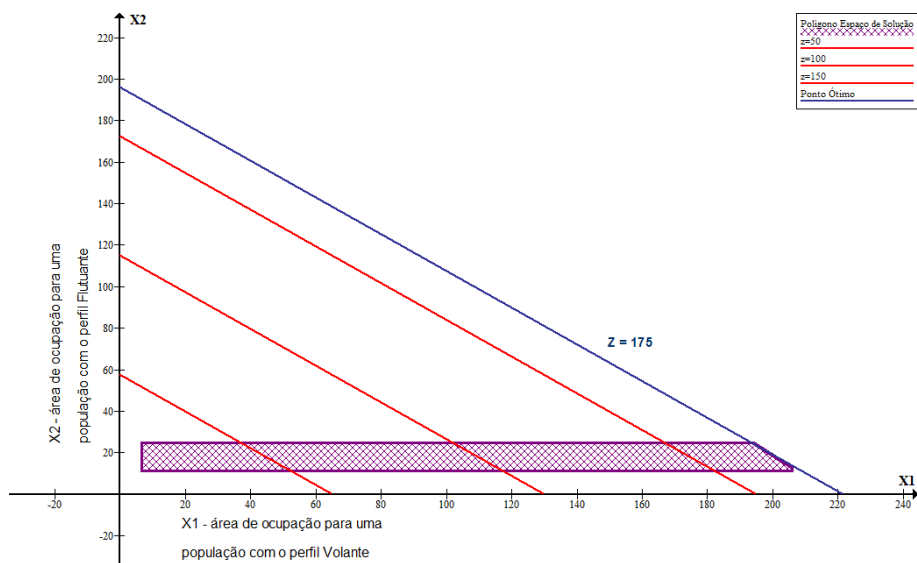
**Figura 46 – Validação do Polígono Espaço de Solução e Curvas de Nível**



Fonte: o autor

O Ponto Ótimo é encontrado com o maior valor que a função Z poderá assumir. Nesse caso, obtém-se o valor de  $Z = 302,5$  no ponto  $(X_1^*, X_2^*)$  (194.4 , 25.2) conforme figura 47:

**Figura 47 – Validação Ponto Ótimo**



Fonte: o autor

O ponto ótimo indica o menor valor de área dada às restrições identificadas, onde se obteve o valor de 175m<sup>2</sup>, que representa 20% a menos que a área de Staff e Circulação do estudo de caso, inicialmente calculada em 218,7m<sup>2</sup>.

Para o dimensionamento dos demais espaços, inicialmente calculados com 198m<sup>2</sup>, serão considerados os seguintes índices e referências definidos na tabela 17:

**Tabela 17 - Quadro de áreas demais espaços**

<b>Espaço</b>	<b>Referência</b>	<b>Racional de cálculo</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Salas de Reuniões	1 sala a cada 25 posições – cada sala com 15m <sup>2</sup>	$131/25 = 5,24$ salas. Adota-se 5 salas x 15m <sup>2</sup> = 75m <sup>2</sup>	75
CPD	Valor médio encontrado		8
Sanitário Acessível	Valor médio encontrado		4
DML	Valor médio encontrado		3
Impressão	Valor médio encontrado		7
Foco	1 a cada 5% das posições – cada espaço com 1,5m <sup>2</sup>	$131 \times 5\% = 6,55$ Adota-se 7 espaços x 1,5m <sup>2</sup> = 10,5m <sup>2</sup>	10,5
Copa	3% da área útil, com área mínima de 20m <sup>2</sup>		20
Guarda de documentos	3% da área útil, com área mínima de 23m <sup>2</sup>		23
Descompressão	4% da área útil, com área mínima de 27m <sup>2</sup>		27
<b>Total</b>			<b>177,5</b>

Fonte: o autor

No estudo de caso não foi considerado área de sanitário, pois ele se encontra fora da área útil do espaço.

Com isso, se tem uma área inicial de 198m<sup>2</sup> e área final de 177,5m<sup>2</sup>, uma redução de 10%.

Por fim, obteve-se uma redução de 20% na área de staff e circulação utilizando da programação linear, e 10% nas demais áreas, utilizando referências de mercado.

### 7.3 Resultado obtidos do modelo de programação linear

O modelo de programação linear se apresentou de forma eficiente obtendo ganhos na ordem de 20% em espaços de estações de trabalho, e de 10% nas demais áreas, utilizando de referências reais de escritórios corporativos. Considera-se que a população com estilo de trabalho Fixo se mantém com 173,8m<sup>2</sup>, a área de staff e circulação obteve uma redução de 20% do espaço ocupado, de 218,7m<sup>2</sup> para 175m<sup>2</sup>, e para os demais espaços uma redução de 198m<sup>2</sup> para 177,5m<sup>2</sup>, totalizando 525,3m<sup>2</sup>, ou seja 11% a menos da área ocupada de 590,5m<sup>2</sup>.

No estudo de caso, em valores absolutos de metros quadrados, a redução não foi expressiva, pois apenas 37% da área foram inseridas no modelo de programação linear, o que justifica uma redução de apenas 65,2m<sup>2</sup>.

Como apresentando no espaço ocupado, tem-se vários espaços que tem potencial de se tornar posição de trabalho, como: Descompressão – 53,3m<sup>2</sup>, Copa – 20,7m<sup>2</sup>, Foco – 20,2 m<sup>2</sup> e Guarda de Documentos – 22,7m<sup>2</sup>, totalizando 116,9m<sup>2</sup> com potencial de aproveitamento no modelo aplicado, elevando assim o ganho.

Espera-se que, em ambientes com um maior número de população Volante e Flutuante, os ganhos sejam muito superiores, bem como em ocupações de vários andares num mesmo prédio.

## 8 Avaliação prospectiva do modelo de programação linear

Ainda com uma realidade incerta, é improvável que o modelo atenda a todas as premissas que surgirão nos próximos anos. Com isso, uma avaliação prospectiva se demonstrou uma opção razoável para projetar o modelo.

Uma avaliação prospectiva é realizada com base nos dados disponíveis no presente, para projetar cenários futuros. Esse tipo de avaliação poderá contribuir com o estudo, de forma a aplicar o modelo de programação linear aos cenários de maior complexidade do que o estudado.

### 8.1 Cenário de avaliação prospectiva

Para aplicar o modelo de programação linear na avaliação prospectiva foi definido um cenário, onde se adota um edifício de 10 andares com uma ocupação de 3.000 pessoas, aproximadamente 300 posições por andar, e uma área ocupada de 21.000m<sup>2</sup>. O estilo de trabalho é composto de 20% Fixa, 50% Flutuante e 30% Volante, representando na tabela 18 com as taxas de ocupação:

Tabela 18 - Quadro de áreas ocupadas - cenário prospectivo

Espaço	Estilo de Trabalho	Quantidade de funcionários	Área Ocupada		Taxa de ocupação
Staff + Circulação	Fixo	600	14.700	2.940	80%
	Volante	900		11.760	75%
	Flutuante	1.500			85%
Demais			6.300		
	<b>Total</b>	<b>3.000</b>	<b>21.000 m<sup>2</sup></b>		

Fonte: o autor

### 8.2 Aplicação de programação linear na avaliação prospectiva

A metodologia para aplicar o modelo de programação linear é a mesma apresentada anteriormente, obtêm-se inicialmente as seguintes restrições:

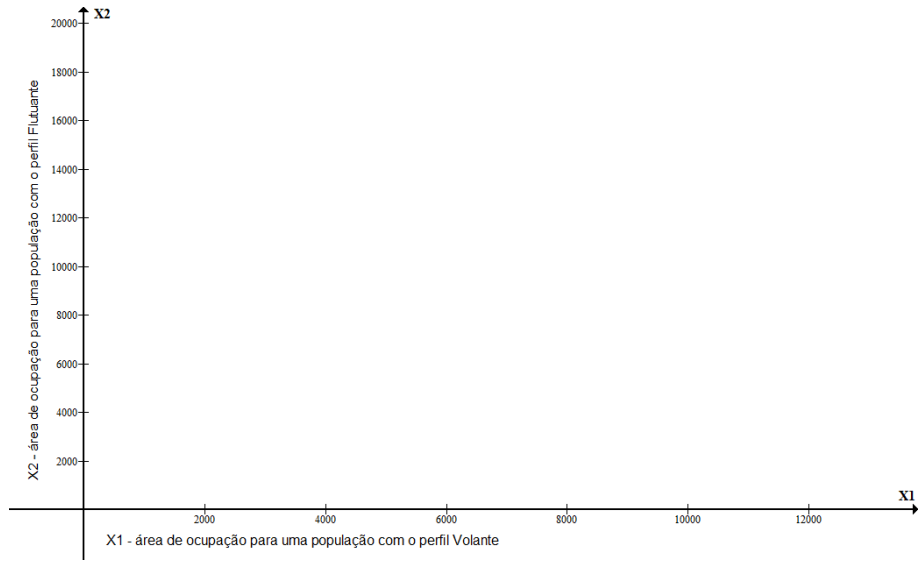
- Restrição Legal:  
 $X_1, X_2 \geq 7 \text{ m}^2$
- Restrição Disponibilidade de Espaço:  
 $X_1 + X_2 \leq 11.760 \text{ m}^2$

- Restrição População Flutuante com 50% de ocupação:  
 $3.675 \text{ m}^2 \leq X_2 \leq 7.350 \text{ m}^2$
- Restrição Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho: População > 1.001, necessita de ambulatório médico.  
 População total =  $3.000/1.320 = 2,27$  consultórios.  
 Serão adotados dois consultórios, sendo com uma área de  $90,28\text{m}^2$  o ambulatório de menor tamanho + um consultório com  $12,13\text{m}^2 = 102,41\text{m}^2$ .  
 $X_1 + X_2 \geq 102,41 \text{ m}^2$
- Restrição Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho: População >300 necessita de um refeitório.  
 População total = 3.000  
 Refeitório:  $1\text{m}^2/\text{usuário}$  ( $1/3$  da população) =  $(1 \times 3.000)/3 = 1.000 \text{ m}^2$   
 Cozinha: 35% da área do refeitório =  $1.000 \times 0,35 = 350 \text{ m}^2$   
 Depósito de Alimentos: 20% da área do refeitório =  $1.000 \times 0,2 = 200 \text{ m}^2$   
 Área total necessária =  $1.550\text{m}^2$   
 $X_1 + X_2 \geq 102,41 \text{ m}^2$

Com as restrições definidas, adota-se o mesmo procedimento da metodologia apresentada anteriormente, iniciando pela condição de não negatividade, aplicando as restrições que definirá o polígono espaço de soluções. Posteriormente, aplica-se a função objetivo para definir as curvas de nível até identificar o ponto ótimo, que apresentará o espaço ideal de ocupação.

Inicialmente, atendendo a condição de não negatividade, onde se tem  $X_1, X_2 \geq 0$ , plota-se o eixo cartesiano com destaque para o quadrante superior direito, conforme gráfico da figura 48:

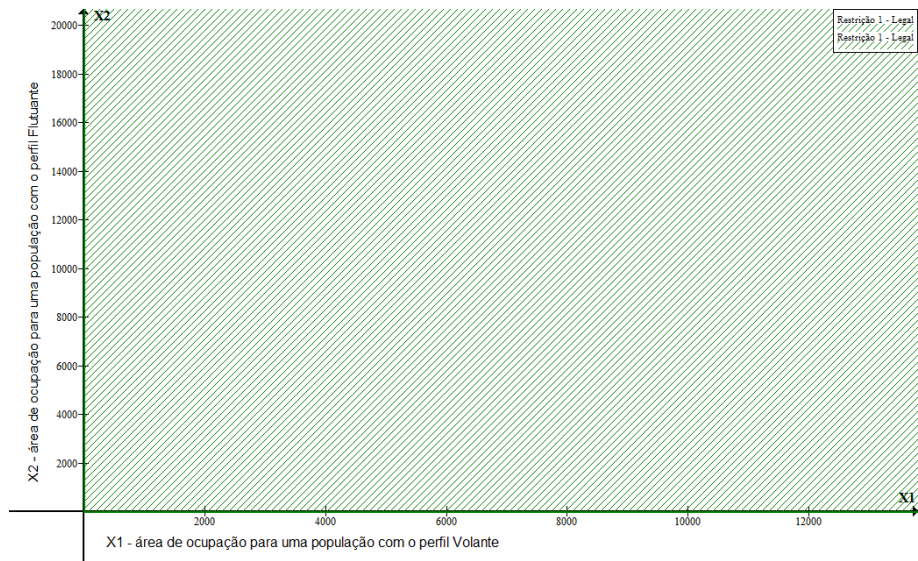
**Figura 48 – Modelo Prospectivo Condição de não negatividade**



Fonte: o autor

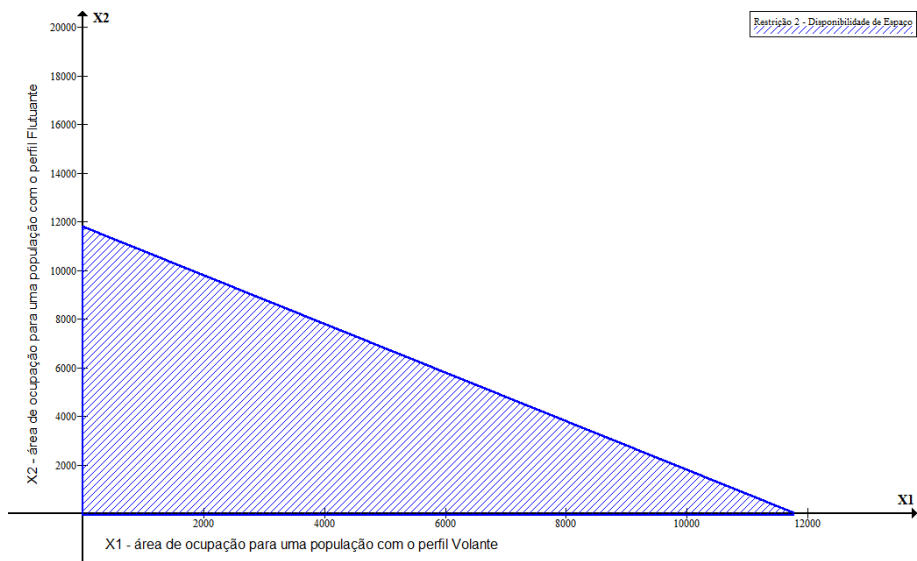
Posteriormente nas figuras 49, 50, 51, 52 e 53 traçam-se as restrições:

**Figura 49 – Modelo Prospectivo Restrição 1 - Legal**



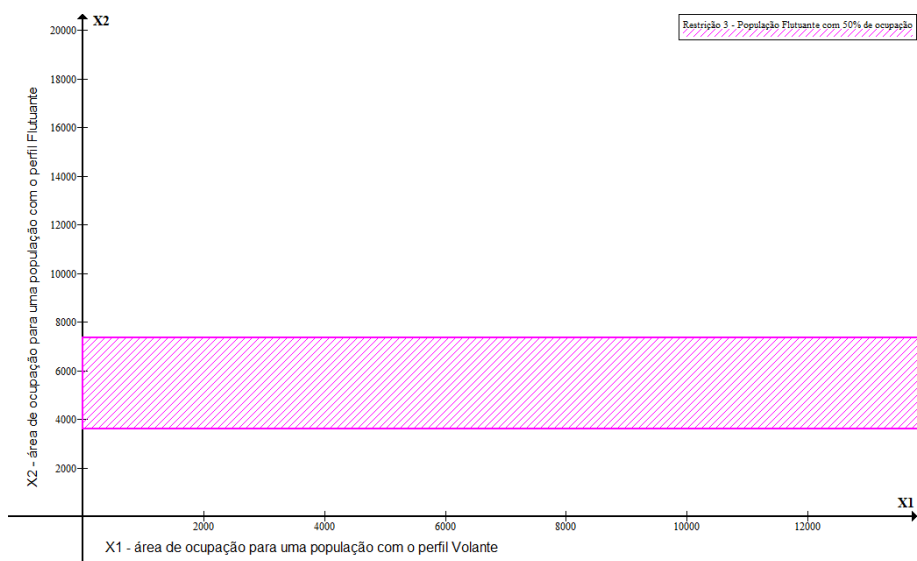
Fonte: o autor

Figura 50 – Modelo Prospectivo Restrição 2 – Disponibilidade de Espaço



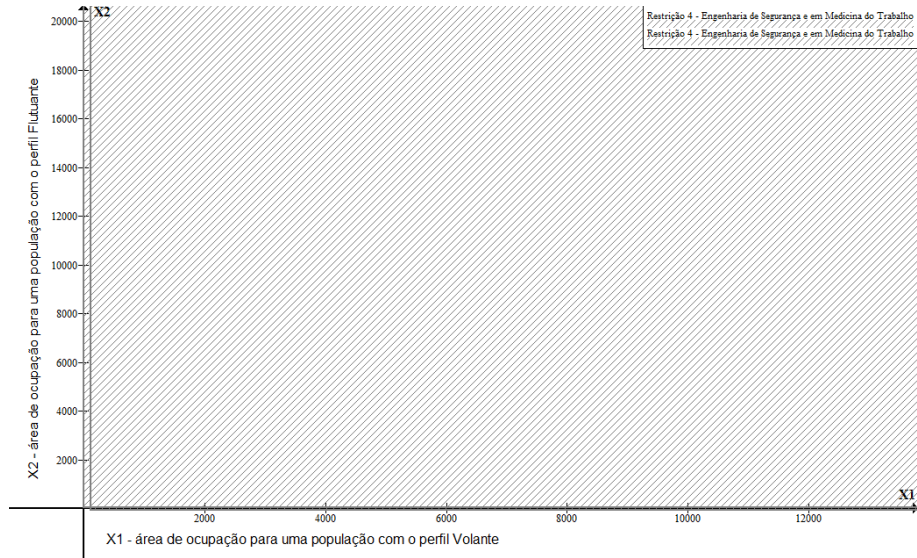
Fonte: o autor

Figura 51 – Modelo Prospectivo Restrição 3 – População Flutuante com 50% de ocupação



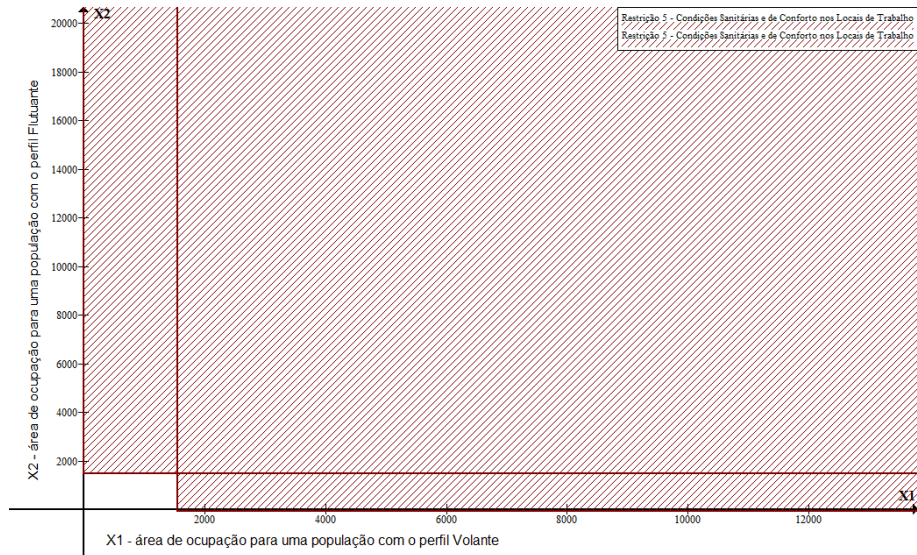
Fonte: o autor

**Figura 52 – Modelo Prospectivo Restrição 4 - Restrição Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**



Fonte: o autor

**Figura 53 – Modelo Prospectivo Restrição 5 - Restrição Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**

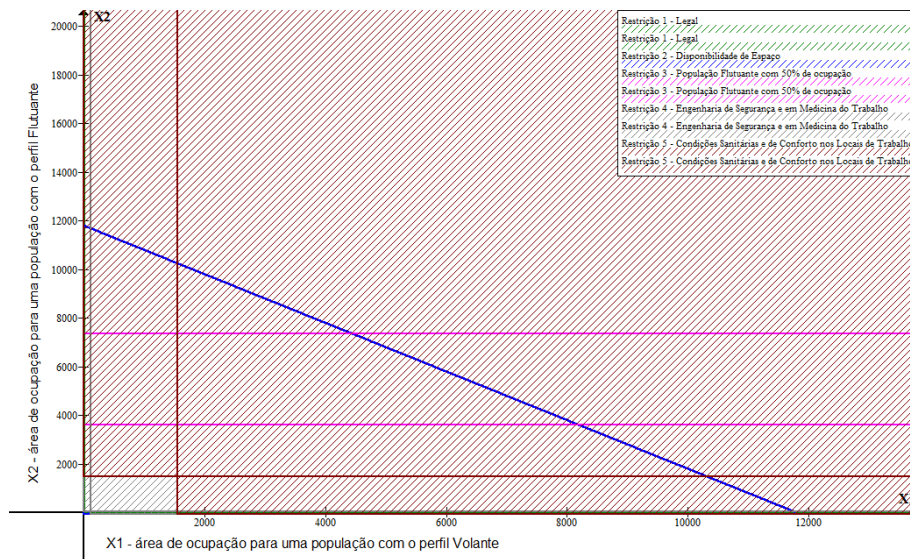


Fonte: o autor

Nas figuras 54 e 55 obtém-se a intersecção de restrições e o Polígono Espaço de Soluções:

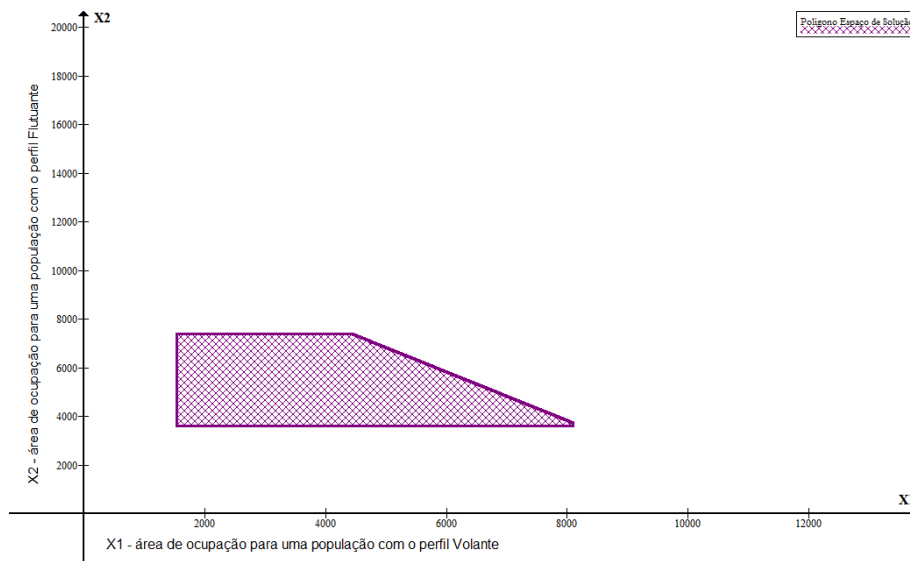


Figura 54 – Modelo Prospectivo – Intersecção das restrições



Fonte: o autor

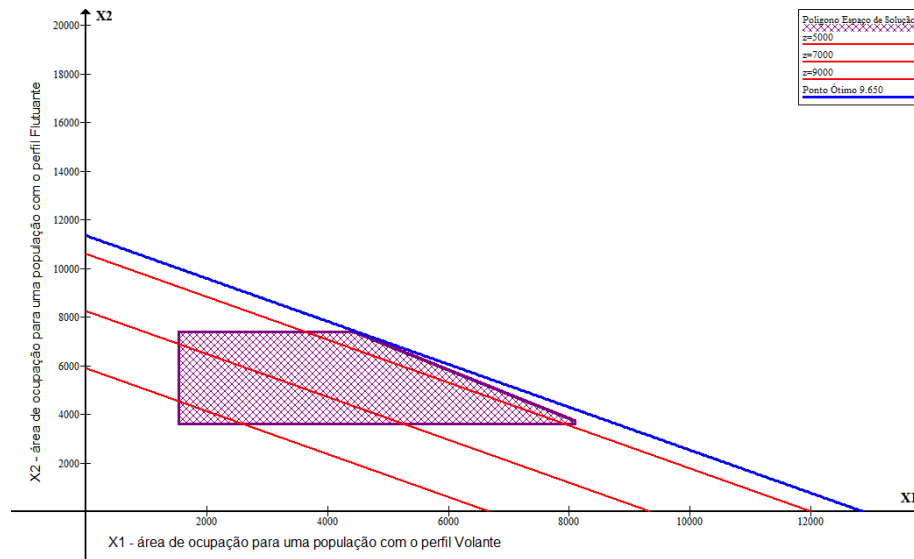
Figura 55 – Modelo Prospectivo – Polígono de Soluções



Fonte: o autor

Por fim, na figura 56 obtém-se o Ponto Ótimo:

Figura 56 – Modelo Prospectivo Ponto Ótimo



Fonte: o autor

O ponto ótimo indica o menor valor de área dada às restrições identificadas, onde se obteve o valor de 9.650m<sup>2</sup>, que representa 18% a menos que a área de Staff e Circulação do estudo de caso, inicialmente calculada em 11.760m<sup>2</sup>.

Para compor a área do espaço todo, além dos 9.650m<sup>2</sup> calculados para a população Volante e Flutuante, deve se considerar a área ocupada pela população Fixa de 2.940m<sup>2</sup>, o ambulatório com 102,41m<sup>2</sup> e o refeitório com 1.550m<sup>2</sup>, totalizando 14.242,41.

Para o dimensionamento dos demais espaços, inicialmente calculados com 6.300m<sup>2</sup>, serão considerados os índices e referências da tabela 19:

Tabela 19 - Quadro de áreas demais espaços Modelo Prospectivo

Espaço	Referência	Racional de cálculo	Área (m <sup>2</sup> )
Salas de Reuniões	1 sala a cada 25 posições – cada sala com 15m <sup>2</sup>	3.000/25 = 120 salas. 120 salas x 15m <sup>2</sup> = 1.800m <sup>2</sup>	1.800
CPD	Valor médio encontrado	1 a cada 300 posições 3000/300 = 10 10x8 = 80	80

Sanitário Acessível	Valor médio encontrado	1 a cada 300 posições $3000/300 = 10$ $10 \times 4 = 40$	40
DML	Valor médio encontrado	1 a cada 300 posições $3000/300 = 10$ $10 \times 3 = 30$	30
Impressão	Valor médio encontrado	1 a cada 300 posições $3000/300 = 10$ $10 \times 7 = 70$	70
Foco	1 a cada 5% das posições – cada espaço com 1,5m <sup>2</sup>	$3.000 \times 5\% = 150$ $150 \times 1,5\text{m}^2 = 10,5\text{m}^2$	225
Copa	3% da área útil, com área mínima de 20m <sup>2</sup>	$3\% \times 14.242,41 = 427,27$	427,27
Guarda de documentos	3% da área útil, com área mínima de 23m <sup>2</sup>	$3\% \times 14.242,41 = 427,27$	427,27
Descompressão	4% da área útil, com área mínima de 27m <sup>2</sup>	$4\% \times 14.242,41 = 569,70$	569,70
<b>Total</b>			<b>3.669,24</b>

Fonte: o autor

Com isso, obteve-se uma redução de 42% na área de staff e circulação utilizando da programação linear, e 4% nas demais áreas, utilizando referências de mercado.

Por fim, se tem uma área inicial de 21.000m<sup>2</sup> e área final de 17.911,65m<sup>2</sup>, uma redução de 15%.

### 8.3 Resultado da Avaliação Prospectiva

O modelo de programação linear para dimensionamento de escritórios corporativos também apresentou resultados satisfatórios numa avaliação prospectiva, obtendo uma redução total de 15% nos espaços.

Essa variação pode ser mais perceptiva ao avaliar a redução das despesas de ocupação, obtendo uma redução mensal de R\$ 401,5 Mil, e anual de R\$ 4.817,8 Mil, conforme tabela 20:

**Tabela 20 - Despesas Avaliação Prospectivas**

Despesa	Despesas mês (R\$ Mil)		Custo Unitário
	Atual	Proposto	R\$/m <sup>2</sup>
m <sup>2</sup>	21.000,00	17.911,65	
Aluguel	525	448	25,00
Condomínio	189	161	9,00
Imp. e Taxas	231	197	11,00
Manutenção	1470	1254	70,00
Energia	315	269	15,00
<b>Total</b>	<b>2730,0</b>	<b>2328,5</b>	
<b>Variação Mensal</b>	<b>401,5</b>		
<b>Variação Anual</b>	<b>4.817,8</b>		

Fonte: o autor

Conclui-se que a aplicação do modelo de programação linear que foi aplicado na avaliação prospectiva se demonstrou ser eficiente, trazendo ganhos reais para os ocupantes.

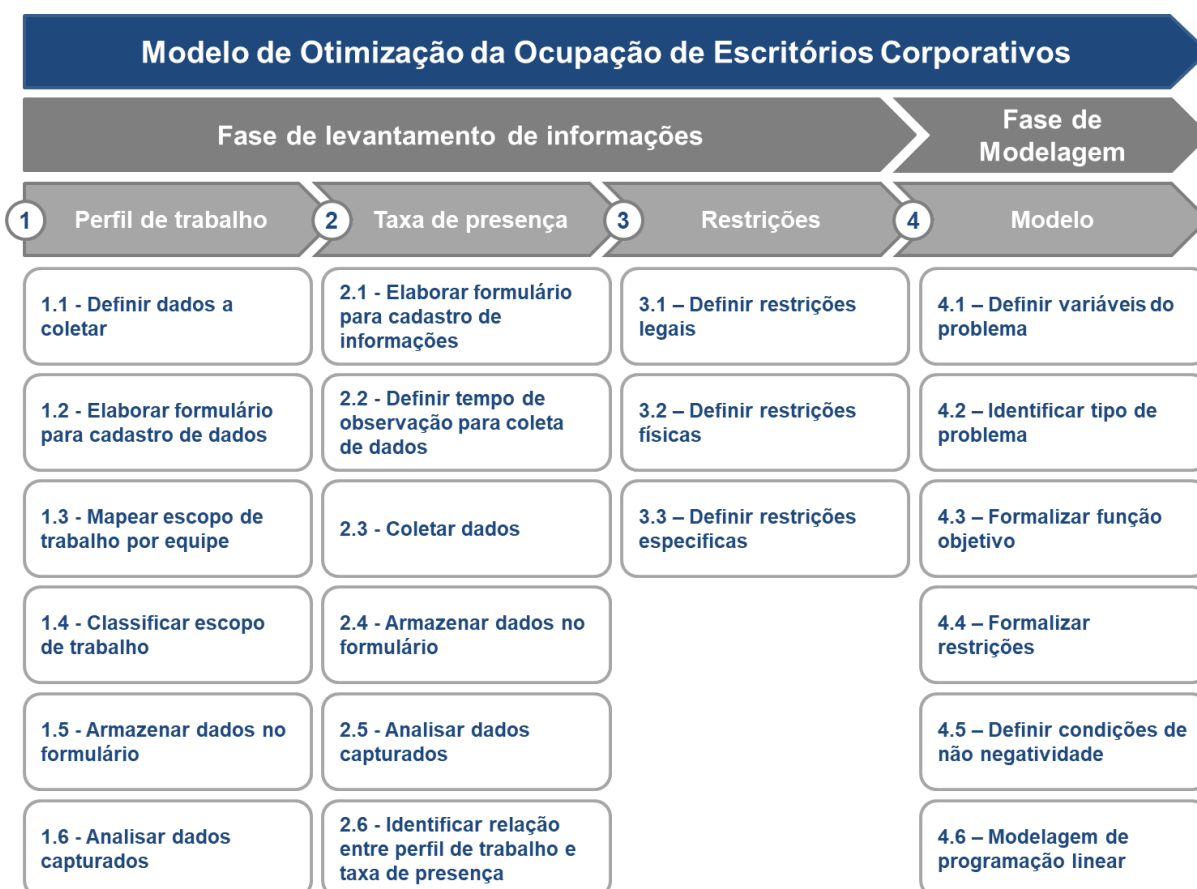
## 9 Roteiro para aplicação de Modelo de Otimização da ocupação de escritórios corporativos

Após a revisão bibliográfica, estudo de caso, observação casual e modelagem matemática, essa pesquisa sugere um modelo para utilizar-se como forma de metodologia de trabalho para empresas e profissionais que buscam otimizar o uso de seus escritórios corporativos embasados em conceitos e premissas matemáticas combinadas com soluções arquitetônicas, sendo que essa última não será discutida nessa pesquisa.

Espera-se com a estrutura abaixo que o leitor consiga aplicar a metodologia para avaliação de estudos preliminares, orientando-o sobre o melhor espaço a alugar ou adquirir para montar seu escritório, bem como para ocupações existentes, onde orientará para oportunidade de otimização da ocupação atual.

O modelo proposto é composto por diversas etapas, que se agrupam em duas grandes fases, levantamento de informações e modelagem. A primeira fase se subdivide em perfil de trabalho, taxa de presença e restrições, conforme figura 57:

Figura 57 - Macro fluxo do Modelo de Otimização da Ocupação de Escritórios Corporativos



Fonte: o autor

Na sequência será detalhado as fases e cada uma das etapas do modelo de otimização de escritórios corporativos. Espera-se esclarecer o fluxo, descrevendo cada uma das etapas, bem como as entradas e saídas das etapas para amplo entendimento do modelo sugerido.

## **9.1 Fase de levantamento de informações**

### **9.1.1 Perfil de trabalho**

Deve-se inicialmente mapear o perfil dos ocupantes atuais ou futuros, buscando similaridade em suas atividades sob a ótica de necessidade de espaço versus função.

No estudo de caso identificaram-se os perfis Fixos, Volantes e Flutuantes, porém outros grupos perfis podem ser mapeados, como por exemplo, num ambiente de call center, onde trabalha-se em vários turnos e 24 horas por dia, um outro perfil poderia ser nomeado de Atendimento Remoto, que teria características próprias em relação as demais categorias, como tempo de utilização e permanência.

Outro ponto que deve ser analisado no mapeamento é se cada um dos perfis precisa, além de sua estação de trabalho, alguma outra área de apoio conforme a quantidade de posições sejam elas arquivos, armazenamento de material de escritório, área de impressão e fotocópias, correspondências, alimentação, descanso, guarda volumes, biblioteca, sala de jogos, área de espera ou auditório, por exemplo. Ou seja, cada perfil mapeado, de acordo com sua função e volume, poderá exigir uma área de apoio. Por exemplo, um perfil que poderia ser mapeado de Atendimento ao Cliente, poderia ter uma área de apoio de acordo com o número de atendentes – a cada 10 Atendentes, deveria prever uma área de apoio de Espera com 5 cadeiras.

Um escritório de advocacia poderia necessitar de uma área de apoio de Espera, Biblioteca, Impressão e Arquivos, dependendo da quantidade de profissionais que ocuparão o espaço.

Esse mapeamento deve ser feito por meio de observações casuais, sem interferir na execução das atividades dos ocupantes, obtendo-se assim uma percepção sem interferências. Entende-se que deve ser analisado ainda se, se faz necessário a observação em vários períodos do dia, da semana, do mês ou do ano, caso ocorra alguma sazonalidade nas atividades dos profissionais.

Ao final dessa etapa, espera-se identificar os tipos de perfis dos ocupantes do espaço, e de que forma exercem suas atividades no dia a dia. Cada uma das etapas é detalhada na tabela 21 para facilitar o entendimento dessa fase:

**Tabela 21 - Detalhamento Perfil de Trabalho**

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>
1.1 - Definir dados a coletar	Relacionar quais os dados são fundamentais para apoiar na caracterização dos tipos de perfis de trabalho dos funcionários	-Escopo macro de trabalho -Necessidades de espaços específicos de suas atividades no ambiente de trabalho	Relação de dados e informações necessárias para coleta
1.2 - Elaborar formulário para cadastro de dados	Elaborar formulário para cadastro de dados de forma padronizada e estruturada para facilitar análise	Relação de dados e informações necessárias para coleta	Formulário para cadastro de dados coletados
1.3 - Mapear escopo de trabalho por equipe	Levantamento das principais atividades de cada funcionário	Entrevista com funcionário para entender o escopo macro de trabalho	Relação de funcionários com escopo macro de atividades
1.4 - Classificar escopo de trabalho	Estratificação dos escopos de trabalho dos funcionários visando ter uma visão de volumetria por tipo de atividade	Relação de funcionários com escopo macro de atividades	Grupos de funcionários com escopo de trabalho similares
1.5 - Armazenar dados no formulário	Cadastramento dos dados capturados nas entrevista	Relação de dados e informações necessárias	Formulário para cadastro de dados coletados preenchido
1.6 - Analisar dados capturados	Identificar correlações entre os dados para eventuais oportunidades para tomada de decisão	Formulário para cadastro de dados coletados preenchido	Análise dos dados cadastrados no formulário

Fonte: o autor

Após análise dos dados capturados, inicia-se uma observação para entender a taxa de ocupação de cada perfil mapeado.

### **9.1.2 Taxa de presença**

Após mapear os perfis no ambiente ocupado ou a ser ocupado, passa-se a observar e identificar o quão presente cada população está no escritório. Essa informação é fundamental para definição de uma das restrições que será aplicada na Programação Linear. Dado isso é fundamental que essa observação seja exaustiva, ou seja, em vários dias, em horários variados, em épocas do ano diferentes, procurando entender todos os fatores que podem interferir na sua presença.

Essa taxa de presença é supersensível no dimensionamento do espaço, então ela pode superdimensionar o espaço gerando custos indevidos, ou subdimensionar ocasionando falta de espaço para operacionalizar as atividades dos ocupantes.

Cada uma das etapas é detalhada na tabela 22 para facilitar o entendimento dessa fase:

**Tabela 22 - Detalhamento Taxa de Ocupação**

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>
2.1 - Elaborar formulário para cadastro de informações	Elaborar formulário para cadastro de dados de forma padronizada e estruturada para facilitar análise	Relação de dados e informações necessárias para coleta	Formulário para cadastro de dados coletados
2.2 - Definir tempo de observação para coleta de dados	Estipular quantidade de dias a ser analisados para que produza uma base de dados suficientes para análises	Quantidade da população de funcionários avaliada Quantidade de perfil de trabalho estabelecido	Quantidade de dias de observação
2.3 - Coletar dados	Observação casual da presença dos funcionários no ambiente de trabalho	Relação de total de funcionários	Relação de funcionários presentes no dia
2.4 - Armazenar dados no formulário	Cadastramento dos dados capturados nas entrevista	Relação de funcionários presentes no dia	Formulário para cadastro de dados coletados preenchido
2.5 - Analisar dados capturados	Identificar correlações entre os dados para eventuais oportunidades para tomada de decisão	Formulário para cadastro de dados coletados preenchido	Análise dos dados cadastrados no formulário
2.6 - Identificar relação entre perfil de trabalho e taxa de presença	Atraves da análise dos dados coletados, identificar correlação de perfil de trabalho com taxa de presença de funcionários	Relação de funcionários presentes no dia Perfil de trabalho	Taxa de ocupação média por perfil de trabalho

Fonte: o autor

O Apêndice 2 – Formulário de Registo da Observação Casual pode ser utilizado como proposta para ser utilizada na identificação da taxa de presença.

Uma vez mapeado o perfil de trabalho e observado a taxa de ocupação, inicia-se o levantamento das restrições.

### **9.1.3 Restrições**

A identificação das restrições é o item mais importante para um dimensionamento do espaço ideal. Quanto maior o número de restrições for mapeado, melhor será o dimensionamento para atender determinado tipo de ocupação.

Se por um lado, a quantidade de restrições aumenta a qualidade do dimensionamento, ela aumenta a complexidade do modelo matemático a ser aplicado.

As restrições devem abranger desde aspectos legais, como: leis, normas técnicas e instruções técnicas, passando por aspectos comportamentais, esses capturados por meio de ambientes observados ou base histórica e referências de estudos análogos aplicados em outros estudos, até particularidades específicas de cada estudo.

Cada uma das etapas é detalhada na tabela 23 para facilitar o entendimento dessa fase:



Tabela 23 - Detalhamento Restrições

Etapas	Descrição	Entradas	Saídas
3.1 – Definir restrições legais	Definir quais as limitações legais podem interferir nos ambientes de trabalho	Normas Técnicas Instruções Técnicas Legislação	Restrições e limitações
3.2 – Definir restrições físicas	Definir quais as limitações físicas (espaços) podem interferir nos ambientes de trabalho	Espaço existente	Restrições e limitações
3.3 – Definir restrições específicas	Definir outras limitações podem interferir nos ambientes de trabalho	Limitações políticas, economicas, sociais, tecnologia, ambiente e legal	Restrições e limitações

Fonte: o autor

Uma vez definidas as restrições, conclui-se a fase de levantamento das informações e inicia-se a fase final de modelagem.

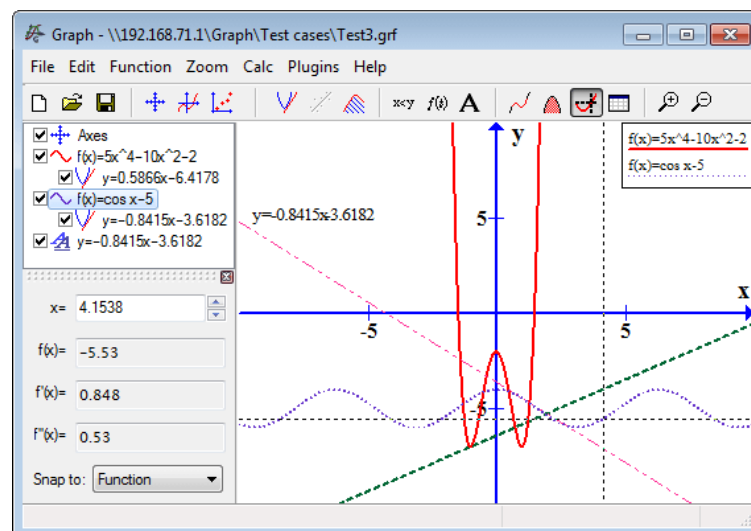
## 9.2 Fase de modelagem

Finalizado o levantamento das informações, o modelo de programação linear é aplicado para dimensionar a área necessária para um escritório corporativo.

Uma vez definido o problema (área necessária), o tipo de problema (minimização), a função objetivo e as restrições, deve-se seguir a metodologia de Programação Linear e chegar na solução do problema.

Dentre os softwares pesquisados, o Graph foi o que se apresentou de forma mais amigável, com lançamentos de dados simples e com visões que permitem rápidas análises, ilustrado na figura 58:

Figura 58 - Software GRAPH 4.4.2



Fonte: <https://www.padowan.dk/> (2021)

## 10 Conclusão e Considerações finais

O estudo apresentou resultados satisfatórios em relação ao seu principal objetivo, redução de espaço para uso de escritórios corporativos, assim como as despesas com custos de ocupação.

Diante dos resultados obtidos no estudo de caso e na avaliação prospectiva, entende-se que a metodologia aplicada tem grande possibilidade de ser explorada para desenvolvimento de um modelo que possa ser aplicado a diversas empresas que buscam otimizar seus espaços corporativos e obter reduções em suas despesas de ocupação. Vale destacar que o caso estudado tratava-se de um único pavimento num edifício corporativo, e que em outras situações com uma ocupação pulverizada em vários pavimentos distintos, o resultado será divergente e talvez não aplicável.

Conclui-se ainda que, uma das grandes contribuições da pesquisa se dará na fase de concepção dos projetos de implantação, em apoio à tomada de decisão pré-projeto, orientando na busca de espaços ideais para alocar seus funcionários de maneira mais eficiente. Em estudos de avaliação pós-ocupação o modelo poderá ser aplicado em busca de eficiências.

Como desdobramentos em futuros estudos, o modelo poderá ser avaliado com mais uma variável tornando-o o resultado ainda mais assertivo, uma vez que se aplicou o uso de somente duas variáveis para simplificar o processo. Outro fator interessante que pode ser explorado é uma análise de sensibilidade, onde através de simulações de variações de restrições possam se encontrar resultados distintos, tornando o estudo muito mais preciso.

As aplicações poderão ser aprofundadas estudos em ocupações de uso específicos como escritórios de advocacias, escolas, ou consultórios médicos que possuem particularidades ímpares.

## Referências Bibliográficas

ANDRADE, Claudia. **O escritório no século XXI**. São Paulo. 2013

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil – Brasil - **Instrução Normativa nº 21 - 2009**

ATHIE Wohnrath. **Como serão os escritórios. O mundo dos negócios mudou. A sua empresa está preparada?** São Paulo, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077: Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, p25 e p.29. 1993

BeerOrCoffee. **Certificação escritório mais seguro. Como voltar aos espaços de trabalho reduzindo os riscos de contaminação pelo novo Coronavírus**. São Paulo, 2020.

BERNARDO, Maria do Rosário Matos. **Programação Linear – 1º Parte**. Universidade Aberta. 2016.

CASSANO, Daniella Alessandra. **Arquitetura de ambientes de escritórios e ergonomia. Estudo de casos concernente a escritórios abertos**. Dissertação – Universidade federal do Rio de Janeiro, CPPE. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

CARVALHO, Ana Clara Botelho de, MAGALHÃES, Ana Carolina. **Layout em escritórios coworkings**. Mostra de pesquisa em ciência e tecnologia. Pernambuco, 2018. Disponível em: <https://even3.blob.core.windows.net/anais/86075.pdf> . Acesso em 06 jun. 2020.

CLEMENTS-CROOME, Derek. **Designing the indoor environment for people**. Architectural Engineering and Design Management. England, 2011

CHUA, Roy Y. J., MORRIS, Michael W., MOR, Shira. **Collaboratins across Cultures: Cultural Metacognition & Affect-Based trust in Creative Collaboration**. Havard Business School. Working Paper. EUA, 2011.

CONCEITO. Disponível em: <https://www.conceito.de/escritorio>. Acesso em 08 fev. 2020.

COMERC – **O Mercado Livre de Energia** – São Paulo 2019

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica nº 11/2019. Saídas de emergência.** São Paulo, 2019.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. **Índice Geral de Preços do Mercado – IGP-M.** São Paulo. 2018. Disponível em: <http://www.portalbrasil.net/igpm.htm>. Acesso em 09 jul.2018.

CRÓCOLI, Osmar. **Programação Linear: Uma abordagem para o Ensino Médio.** Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática da Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016.

FOGLIATTI, Maria Cristina; MATTOS, Néli Maria Costa. **Teoria de Filas.** Rio de Janeiro. 2007.

FROGGATT, Cindy. **Work Naked: Eight Essential Principles for Peak Performance in the Virtual Workplace.** Nova Iorque. Estados Unidos. 2001

Fundação Nacional da Qualidade. **Indicadores de desempenho - Estruturação do sistema de indicadores organizacionais.** 3ª edição. Pag 116. São Paulo. 2012.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L. . **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos.** 2.ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GURGEL, Miriam. **Projetando Espaços – Guia de arquitetura de interiores para áreas comerciais.** Editora SENAC São Paulo – São Paulo - 2017

HENDERSON, Justin. **Workplaces and Workspaces. Office design that work.** Massachusetts, 2000.

HORSCHUTZ, Alessandra Maria Cerqueira Lima. **Ocupação de Edifícios Corporativos em São Paulo: O caso do edifício IBM Tutóia.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007.

JOHANSEN, Ivan. **GRAPH – Plotting of mathematical functions.** Graph 4.4.2. Dinamarca, 2012. Disponível em <https://www.padowan.dk/download>.. Acesso em 01 nov. 2019.

KLIEMANN, André Hein. SOARES, Carolina Rolim. MERINO, Eugenio. BORBA, Mirna. **Guia de referência para layout em escritório envolvendo aspectos**

**ergonômicos.** Florianópolis, 1998. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998\\_ART346.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP1998_ART346.pdf) Acesso em 06 jun. 2020.

KLINE, Nancy. **Time to Think: Listening to Ignite the Human Mind.** Londres. 1999

KNOLL. **Creating Collaborative Spaces that Work – A performance-based approach to successful planning.** Estados Unidos, 2013. Disponível em: [https://www.knoll.com/document/1352994554274/CollaborativeWorkplace\\_wp.pdf](https://www.knoll.com/document/1352994554274/CollaborativeWorkplace_wp.pdf).

Acesso em 15 mar. 2020.

MALLMANN, Tuani. **Entendendo as diferenças entre gerações. Geração X ou Z? Millennials ou Xennials? Você sabe a diferença entre todos esses grupos?** Agosto 2017. Disponível em <https://coworkingbrasil.org/news/diferencas-entre-geracoes/>. Acesso em 01 jun. 2019.

MEDEM, Francisco Vázquez. **Los 6 factores de productividad de los trabajadores del conocimiento.**3gSmartGroup. Workplace. 2018.

MEEL, Juriaan van. **The European Office. Office design and national contexto.** Rotterdam, 2000.

MEEL, Juriaan van. MARTENS, Yuri. REE, HERMES, Jan van. **Planning Office Spaces. A practical guide for managers and designers.** 2014.

MENDES, Mariana. **O que as empresas podem aprender com a história do escritório?** Beerorcoffee, Beerorcoffee para empresas. Disponível em: <https://blog.beerorcoffee.com/2019/08/12/historia-do-escritorio/>. Acesso em 01 fev. 2020.

MONTEIRO, Natália. AQUINO, Vanessa. PACHECO, Silvia. SCHENEIDERS, Luísa. **Saúde anuncia orientações para evitar a disseminação do Coronavírus.** Ministério da Saúde. Brasília, Março de 2020. Disponível em <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46540-saude-anuncia-orientacoes-para-evitar-a-disseminacao-do-coronavirus>. Acesso em 20 mai. 2020.

MORAES, Eduardo. **Mercado corporativo de alto padrão de São Paulo registra queda na taxa de vacância em 2017.** São Paulo. 31 jan 2018. Disponível em:

<http://www.cushwakebrasil.com/mercado-corporativo-de-alto-padrao-de-sao-paulo-registra-queda-na-taxa-de-vacancia-em-2017/>. Acesso em 08 jul. 2018

MORAES, Eduardo. **Open Space otimiza o uso do espaço corporativo**. São Paulo. Abril 2017. Disponível em: <http://www.cushwakebrasil.com/open-space-otimiza-o-uso-do-espaco-corporativo/>. Acesso em 09 jul. 2018

MORAIS, Rodrigo. **A evolução dos escritórios**. 2014. Disponível em <https://www.worksolution.ws/a-evolucao-dos-escritorios/> . Acesso em 03 jun. 2019.

**Norma Regulamentadora No. 4 (NR-4) - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. Ministério da Economia. Inspeção do trabalho. 2016. Disponível em: [https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST\\_normas\\_regulamentadoras/NR-04.pdf](https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-04.pdf). Acesso em 05 jan 2021.

**Norma Regulamentadora No. 17 (NR-17) - Ergonomia**. Ministério da Economia. Inspeção do trabalho. 2018. Disponível em: [https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST\\_normas\\_regulamentadoras/NR-17.pdf](https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-17.pdf) Acesso em 05 jan 2021.

**Norma Regulamentadora No. 24 (NR-24) – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**. 2019. Disponível em: [https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST\\_normas\\_regulamentadoras/NR-24-atualizada-2019.pdf](https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-24-atualizada-2019.pdf). Acesso em 05 jan 2021.

ONO, Rosaria. ORNSTEIN, Sheila Walbe, VILLA, Simone Barbosa. FRANÇA, Ana Judite Galbiatti Limongi. **Avaliação pós-ocupação. Da teoria à prática**. São Paulo, 2018.

ORNSTEIN, Sheila Walbe, LEITE, BRENDA Chaves Coelho, ANDRADE, Cláudia Miranda de. **Office spaces in São Paulo: post-occupancy evaluation of a high technology building**. Facilities, Vol. 17 No. 11, pp. 410-422. <https://doi.org/10.1108/02632779910291886>

PEREIRA, Renée. **Pós-pandemia: como será o futuro dos escritórios?** Estadão – Infográficos. São Paulo, Maio de 2020. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/infograficos/economia,pos-pandemia-como-sera-o->

[futuro-dos-escritorios,1096321?utm\\_source=linkedin:newsfeed&utm\\_medium=social-organic&utm\\_campaign=redes-sociais:052020:e&utm\\_content=:::&utm\\_term](#). Acesso em 23 mai. 2020.

Portal FGV. IGP-M sobe 4,10% em maio de 2021. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/igpm-maio-2021> . Acesso em 21/06/2021.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. Série pesquisa operacional. Volume 2. 5ª Edição. 2014

RAYNER, Steven R. **Recreating the workplace. The pathway to high performance work system**. United States of America -1993

ROMERO, Margarida, HYVONEN, Pirko, BARBERÀ, Elena. **Creativity in Collaborative Learning across the Life Span**. Scientific Research. Spain, 2012.

SAVAL, Nikil. **Cubiculados. A história secreta do local de trabalho**. 1ª Edição – Rio de Janeiro: Anfiteatro, 2015.

SEIBE, Diana Helena. **24 Box: Edifício Corporativo**. Porto Alegre. 2017

SCHNEIDER, Ruana Maíra. **Método simplex para programação linear**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

STOLKOLS, Daniel. **Establishing and maintaining healthy environments: toward a social ecology of health promotion**. Program in Social Ecology, University of California, Irvine. 1992

TARTAROTTI, Amanda. **Como lidar com o conflito de gerações no ambiente de trabalho? Veja como solucionar!**, 2022. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/conflito-de-geracoes> Acesso em 21 nov. 2023.

TOZZI, Elisa. **Escritório: história de produtividade, desconforto e poder. Como a arquitetura das empresas evoluiu, nem sempre para melhor, para tirar o máximo dos profissionais, um movimento que acontece ainda hoje**. 2014. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/carreira/escritorio-historia-de-productividade-desconforto-e-poder/> . Acesso em 03 jun. 2019.

VASCONCELOS, Yuri. **A Breve História do Escritório**. Dezembro de 2019. Disponível em: <https://funcional.com.br/breve-historia-do-escritorio/>. Acesso em 01 fev. 2020.

VESCO, Antonio Roger Del. **Conceito open space invade o mundo corporativo**. São Paulo. 2015. Disponível em: <http://portal.metodista.br/rpcom/mundo-corporativo/conceito-open-space-invade-o-mundo-corporativo> . Acesso em 09 jul. 2018.

WAGNER, Julie. WATCH, Dan. **Innovation Spaces: The New Design of Work**. Rotterdam, 2017. Disponível em: [https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/04/cs\\_20170404\\_innovation\\_spaces\\_pdf.pdf](https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/04/cs_20170404_innovation_spaces_pdf.pdf). Acesso em 13 mar. 2020.

WeWork Companies Inc. **Explorando o futuro do local de trabalho**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.wework.com/pt-BR/info/navigating-the-future-of-the-workplace>. Acesso em 20 mai. 2020.

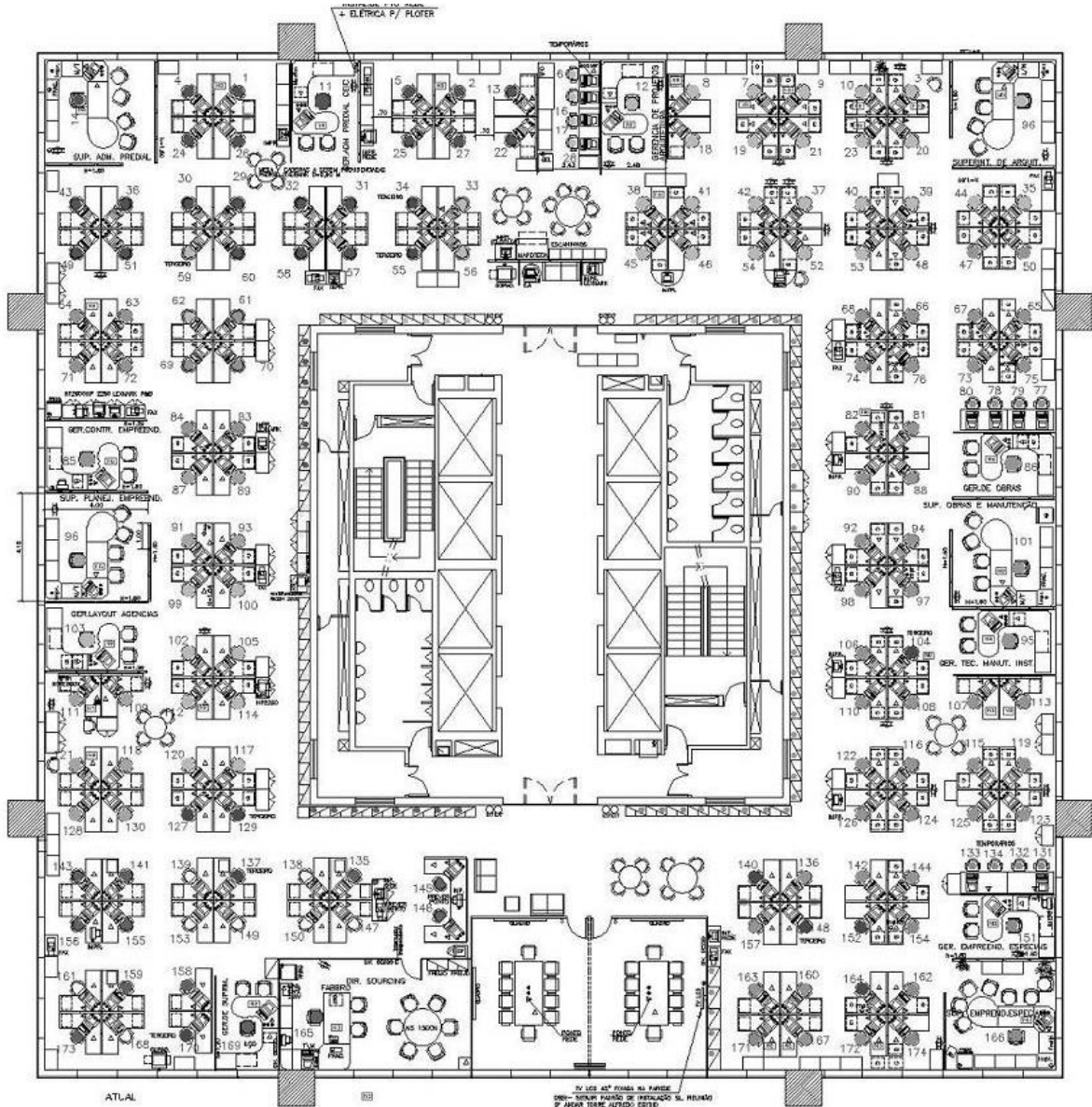
Work Solution. **Open space: pontos fortes e fracos de um escritório sem paredes**. São Paulo. 2018. Disponível em: <https://www.worksolution.ws/open-space-pontos-fortes-e-fracos-de-um-escritorio-sem-paredes/>. Acesso em 09 jul. 2018.



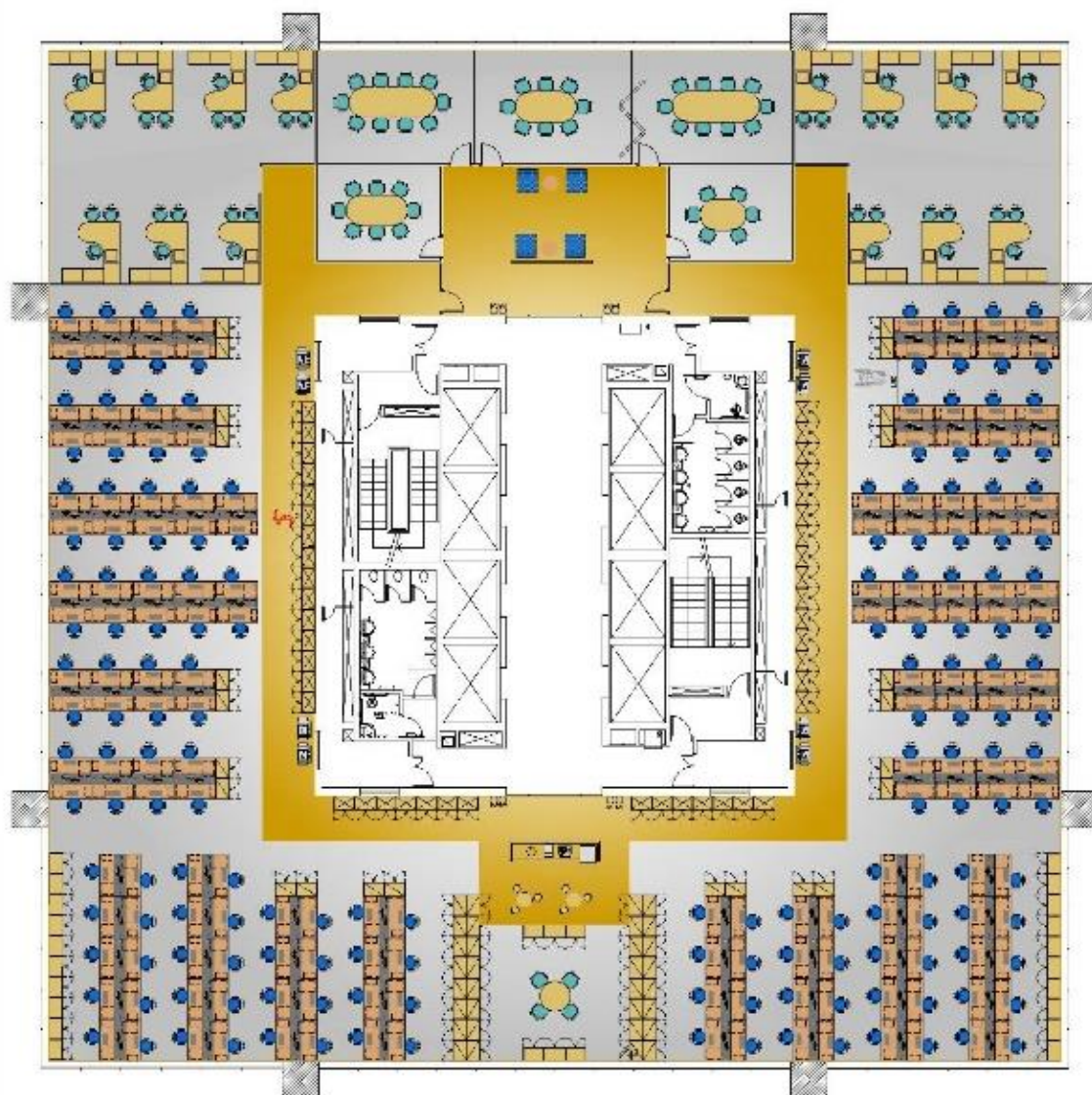
## Anexos

# Anexo 1 – Evolução da Ocupação em Escritórios Corporativos

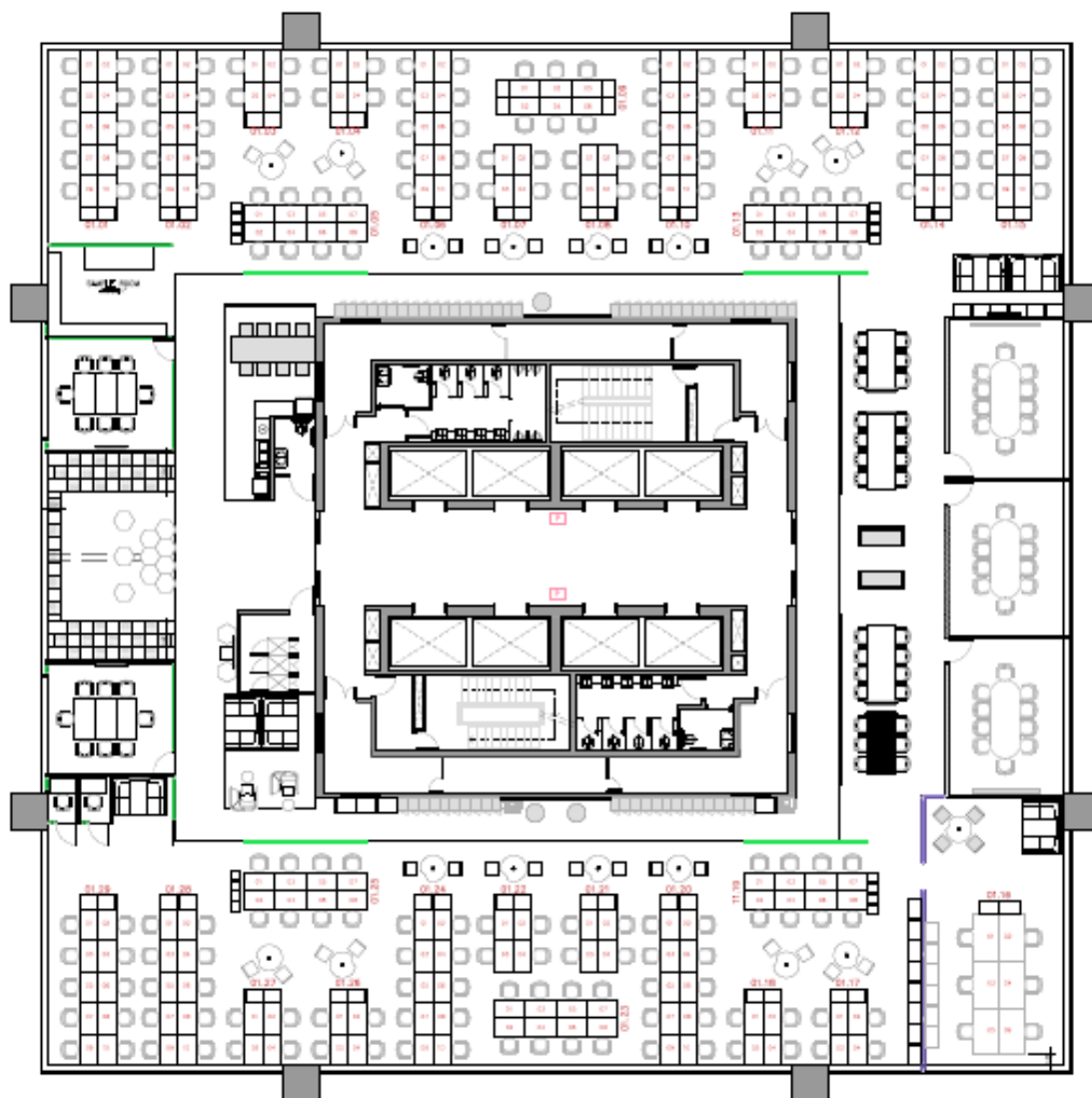
Modelo de layout até anos 2000



## Modelo de layout após anos 2000



## Modelo de layout atualmente



## Anexo 2 - Impactos do COVID-19 no ambiente de trabalho

### Origem do COVID-19

Ao final de 2019, foram relatadas as primeiras ocorrências de casos de COVID-19 na cidade de Wuhan na China, e foi se expandindo de forma exponencial pelo mundo todo, causando grandes impactos na vida da população mundial. O COVID-19 é uma doença que apresenta um quadro clínico que varia de infecções assintomáticas a quadros respiratórios graves.

A taxa transmissão do vírus é de 2,75, isso quer dizer que uma pessoa infectada transmite, em média, para outros 2,75 indivíduos. A doença possui uma letalidade global de 3,4%, aumentando de acordo com a idade da pessoa acometida e com as comorbidades presentes.

Como forma de prevenção, o isolamento social foi o mecanismo mais eficaz para reduzir a taxa de transmissão da doença durante a pandemia. Esse isolamento causou um fenômeno de vacância nos escritórios corporativos do Brasil no segundo trimestre de 2020, onde as pessoas tiveram que se adaptar rapidamente ao Home Office.

### Processo de retomada

Durante o período de isolamento social, as empresas iniciaram estudos para o processo de retomada ao trabalho durante e pós-pandemia, redefinindo novos modelos de trabalho e o “Novo Normal”. As frentes prioritárias foram definições de regras de segurança e saúde, estratégia de retomada gradual gerenciando alguns riscos, e o desenho do “Novo Normal”.

Segundo a ATHIÉ (2020), o processo de retomada que vem sendo praticado pelos países que já iniciaram esse movimento, prevê medidas para Retomada e de Resignificação:

“Retomar – como trazer a sua equipe de volta ao trabalho em segurança, sem deixar de lado a eficiência da operação. Foco em adaptações rápidas para a retomada dos negócios, levando em consideração as necessidades e realidade da sua empresa.”

“Resignificar – mesmo em um cenário onde o vírus estará controlado, será preciso gerar no escritório a mesma tranquilidade e segurança que as pessoas sentem em casa. Isso só será possível resignificando espaços e soluções, colocando o bem estar das pessoas acima de tudo.”

As figuras a seguir apresentam sugestões de estratégias, recomendações, novos procedimentos e sistemas para Retomada e Resignificação, sob o ponto de vista de higiene e saúde, gestão de pessoas, espaço físico, infraestrutura e tecnologia:

Figura Medidas para Retomar

Retomar	Higiene e saúde	Gestão de pessoas	Espaço físico	Infraestrutura	Tecnologia
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Utilização de máscaras durante o horário de trabalho;</li> <li><input type="checkbox"/> Monitoramento de colaboradores doentes;</li> <li><input type="checkbox"/> Medições diárias da temperatura de colaboradores e visitantes;</li> <li><input type="checkbox"/> Ciclos frequentes de higienização, áreas críticas (sanitários e copas);</li> <li><input type="checkbox"/> Estratégias de acesso ao escritório e de limpeza dos pés;</li> <li><input type="checkbox"/> Sinalização, comunicação das regras de uso dos espaços e delimitação das distâncias mínimas no piso;</li> <li><input type="checkbox"/> Estabelecer ocupação máxima de elevadores;</li> <li><input type="checkbox"/> Remoção de objetos, fornecimento de toalhas de papel e álcool em gel para facilitar que o colaborador mantenha limpa sua área de trabalho;</li> <li><input type="checkbox"/> Remoção das lixeiras individuais. As lixeiras de áreas comuns devem ser acionadas por pedais ou sensores;</li> <li><input type="checkbox"/> Auditorias realizadas por médico infectologista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Manter a maior quantidade possível de colaboradores trabalhando home office;</li> <li><input type="checkbox"/> No escritório, implementar diferentes turnos de trabalho, com variações nos horários de entrada/saída e/ou dias da semana;</li> <li><input type="checkbox"/> Divulgar regras de utilização dos espaços (ocupação máxima e distâncias mínimas) em ambientes colaborativos;</li> <li><input type="checkbox"/> Divulgação de manual de boas práticas durante a realização do trabalho em home office (horários, pausas, etc.);</li> <li><input type="checkbox"/> Fornecer guide para reuniões virtuais: dresscode, microfone, áudio, tela de fundo, iluminação, etc;</li> <li><input type="checkbox"/> Ferramentas de gestão e controle da jornada de trabalho adequadas ao trabalho remoto;</li> <li><input type="checkbox"/> Campanhas de conscientização sobre higiene, regras de distanciamento social e medidas que reforcem a segurança do colaborador com relação à empresa;</li> <li><input type="checkbox"/> Disponibilização de computadores, cadeira e mesas de trabalho para aprimorar a qualidade do trabalho remoto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Alternância das estações de trabalho para garantir distância mínima de 1,60m entre os colaboradores;</li> <li><input type="checkbox"/> Ajuste de geometria das estações de trabalho;</li> <li><input type="checkbox"/> Nas áreas colaborativas, limitar a quantidade de assentos e garantir o correto posicionamento dos mesmos;</li> <li><input type="checkbox"/> Excluir as cadeiras de diálogo;</li> <li><input type="checkbox"/> Substituir sofás por assentos individuais ou limitar a utilização dos sofás para 1 pessoa;</li> <li><input type="checkbox"/> Retirar 50% das cadeiras das salas de reuniões e restringir o uso de salas pequenas a 1 pessoa de cada vez;</li> <li><input type="checkbox"/> Quando não for possível atender à distância mínima, implementar barreiras físicas, como vasos de plantas, telas, painéis, armários, biombs;</li> <li><input type="checkbox"/> Utilização de materiais e acabamentos de fácil limpeza com propriedades anti-microbianas;</li> <li><input type="checkbox"/> Destinar os locais apropriados para o armazenamento de alimentação e restringir consumo de alimentos nas áreas de trabalho (salas de reuniões, escritórios, etc.)</li> <li><input type="checkbox"/> Fornecer maior quantidade de lavatórios para higiene das mãos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Executar a desinfecção do sistema de ar condicionado, garantir ciclos semanais de limpeza;</li> <li><input type="checkbox"/> Aumentar a vazão de ar externo e utilizar filtros mais eficientes (MERV 13, etc.);</li> <li><input type="checkbox"/> Se possível, abrir as janelas e dar preferência para ventilação natural em detrimento à utilização do ar-condicionado;</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizar equipamentos portáteis de purificação do ar em ambientes fechados;</li> <li><input type="checkbox"/> Verificar o estado de limpeza do sistema de fornecimento de água, como caixas d'água e reservatórios;</li> <li><input type="checkbox"/> Garantir a limpeza e desinfecção dos acessórios de bebedouros e verificar o prazo de validade dos filtros;</li> <li><input type="checkbox"/> Implementar um plano de prevenção à Legionella;</li> <li><input type="checkbox"/> Adotar tecnologias que reduzam o toque, como sensores de presença para iluminação, portas, torneiras, dispenser de sabonete, válvulas de bacias e mictrórios com acionamento automático.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Substituir desktops por laptops;</li> <li><input type="checkbox"/> Remover telefones das áreas comuns e substituir sistemas individuais por celulares corporativos ou VOIP;</li> <li><input type="checkbox"/> Estimular encontros virtuais em detrimento às reuniões pessoais (viagens e deslocamentos);</li> <li><input type="checkbox"/> Oferecer salas de reuniões com suporte remoto para reuniões mais efetivas;</li> <li><input type="checkbox"/> Utilizar ferramentas de armazenamento e transmissão de dados em nuvem com backups automáticos diários;</li> <li><input type="checkbox"/> Implementar ferramentas que garantam a segurança das informações para quem estiverem trabalhando remotamente;</li> <li><input type="checkbox"/> Disponibilizar suporte técnico com recursos de acesso à distância para atendimento aos chamados de TI.</li> </ul>

athie | wohnrath

Fonte: ATHIÉ (2020)

Figura Estratégia Resignifica

Resignificar	Higiene e saúde	Gestão de pessoas	Espaço físico	Infraestrutura	Tecnologia
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Procedimentos definitivos para controle de acesso e monitoramento da saúde das pessoas;</li> <li><input type="checkbox"/> Valorização das áreas de saúde dentro dos escritórios (ambulatórios, enfermarias, etc.);</li> <li><input type="checkbox"/> Auditorias realizadas por médico infectologista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Novas relações entre os colaboradores e as empresas, com formas de trabalho mistas (home office e escritórios);</li> <li><input type="checkbox"/> Normas para trabalho remoto (compromisso do RH com o colaborador);</li> <li><input type="checkbox"/> Estratégias de gestão de pessoas buscando reforçar o compromisso das empresas com a saúde das pessoas e segurança;</li> <li><input type="checkbox"/> Metodologia ágil de trabalho;</li> <li><input type="checkbox"/> Mudanças de governança (alterações nas hierarquias e lideranças);</li> <li><input type="checkbox"/> Alterações das formas de encontro entre as pessoas: reuniões virtuais, encontros virtuais, viagens de negócios;</li> <li><input type="checkbox"/> Estratégias de promoção ao bem-estar das pessoas;</li> <li><input type="checkbox"/> Integração das várias gerações nos escritórios;</li> <li><input type="checkbox"/> Conceitos de inclusão e diversidade;</li> <li><input type="checkbox"/> Retenção de talentos, produtividade para vencer a competitividade;</li> <li><input type="checkbox"/> Particularização das pessoas em detrimento ao tratamento coletivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Resignificar o papel dos escritórios como catalisadores de cultura, experiência e trocas entre os colaboradores e a empresa;</li> <li><input type="checkbox"/> Espaços de convívio social e interação entre as pessoas;</li> <li><input type="checkbox"/> Design Resiliente, com flexibilidade e fluidez em detrimento à permanência;</li> <li><input type="checkbox"/> Design inclusivo e atrativo para os colaboradores;</li> <li><input type="checkbox"/> Incorporação de conceitos relevantes como design biofílico e design ativo nos escritórios;</li> <li><input type="checkbox"/> Escritórios passam a ser espaços de promoção da saúde e bem-estar;</li> <li><input type="checkbox"/> Layouts adaptáveis com a jornada do colaborador;</li> <li><input type="checkbox"/> Mobiliário flexível, adaptável e componível para permitir as mais diversas configurações e distâncias entre as pessoas;</li> <li><input type="checkbox"/> Utilização de ambientes de "squads" para composição dos grupos de trabalho (estações e painéis móveis) que permitem reconfigurações;</li> <li><input type="checkbox"/> Mudanças nos formatos das salas de reuniões, como a utilização de mesas de reuniões em pé e implementação no escritório aberto, sem configurar uma sala fechada;</li> <li><input type="checkbox"/> Utilização de materiais com tecnologias antimicrobianas e com facilidade de limpeza;</li> <li><input type="checkbox"/> Mobiliário que permita desmontagem dos braços e limpeza;</li> <li><input type="checkbox"/> Distribuição de frutas em vários ambientes dos escritórios, não somente em áreas de cafés e restaurantes;</li> <li><input type="checkbox"/> Valorização de áreas externas incorporadas aos escritórios (rooftops, terraços, telhados, etc.).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Equipamentos permanentes de desinfecção e purificação do ar;</li> <li><input type="checkbox"/> Instalar equipamentos de monitoramento da qualidade do ar (VOC, ozônio, CO2, PM2.5, PM10, Formaldeídos, Patógenos, etc.);</li> <li><input type="checkbox"/> Implementar sistema de tratamento de microrganismos no sistema de ar condicionado, como os que utilizam lâmpadas UV;</li> <li><input type="checkbox"/> Câmera de monitoramento de temperatura para colaboradores e visitantes;</li> <li><input type="checkbox"/> Estratégias de ar condicionado dedicado, eliminando o compartilhamento de máquinas entre os ambientes;</li> <li><input type="checkbox"/> Infraestrutura nas áreas de alimentação, como tecnologias para eliminação de odores, tratamento acústico eficiente e maior quantidade de lavatórios distribuídos pelo escritório.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Uso de realidade virtual para reuniões mais realistas;</li> <li><input type="checkbox"/> Sistema de hotelling para reserva e monitoramento da utilização de salas de reuniões e/ou estações de trabalho;</li> <li><input type="checkbox"/> Sensores para identificar quais salas têm maior ocupação para que haja um reforço de limpeza nestes ambientes;</li> <li><input type="checkbox"/> Sistema de escritórios autônomos "hands-free" com acionamento automático para reduzir o toque;</li> <li><input type="checkbox"/> Controle automático de iluminação;</li> <li><input type="checkbox"/> Portas automáticas;</li> <li><input type="checkbox"/> Acionamento por voz ou presença;</li> <li><input type="checkbox"/> Integração entre conhecimento científico e tecnologia;</li> <li><input type="checkbox"/> Monitores acoplados em plataformas móveis para permitir a mobilidade e participação de encontros virtuais.</li> </ul>

athie | wohnrath

Fonte: ATHIÉ (2020)

## Regras de Saúde e Segurança

A recomendação do Ministério da Saúde, por meio da OMS (Organização Mundial de Saúde) é que intensifiquem a higienização das mãos e evitem aglomerações para reduzir as chances de transmissão do vírus, segundo MONTEIRO (2020).

Com isso, as empresas estudam a utilização de scanners térmicos (portais que medem a temperatura corporal), distanciamento entre mesas de trabalho, abertura automática de portas, comando de voz para acionamento de elevadores, bem como a restrição do número de pessoas, fornecimento de máscaras de proteção, álcool em gel 70°, intensificação da higienização do ambiente de trabalho e monitoramento de temperatura de colaboradores e visitantes.

As estações de trabalho e postos de atendimento como recepção, devem prever divisórias como proteção, além do espaçamento de 2 metros, o que muda significativamente o modelo de ocupação de escritórios corporativos.

Segundo a BeerOrCoffee (2020) empresa de coworkings (trata-se um espaço de trabalho que é compartilhado com diversas empresas, proporcionando a troca de experiências), está preparando seus escritórios para que seus clientes tenham o mínimo de chance de contaminação e disseminação do vírus. Para isso, se juntou a Sercon (empresa especialista em medicina do trabalho) e criou o Selo “Escritório Mais Seguro”, que orienta como deve ser a jornada no escritório, que abrange:

- Acesso ao edifício: cancelas de estacionamento, elevador, portaria e entrada do escritório;
- Estação de trabalho: espaçamento entre cadeiras, carpete, piso rígido, janelas, ar condicionado, mesas de trabalho, cadeira e apoio de braço, teclado, mouse, computador e impressora, lixeiras, cortinas, salas de call e corredores;
- Salas de Reunião: espaçamento entre cadeiras, ventilação da sala, ar condicionado e desinfecção;
- Cozinha e Área de Descanso: espaçamento, ventilação, talheres, pratos, copos e guardanapos, mesa/bancada e cadeiras, geladeiras, cafeteiras, micro-ondas, fogão e pia, áreas comuns, ping pong, totó e outros jogos;
- Banheiros

Todas essas orientações deverão estar sinalizadas nos locais de trabalho, para garantir os bons hábitos entre os usuários, visitantes e equipe de Facilities que operam os escritórios. A figura 13 apresenta um exemplo de proposta de comunicação com orientação para um distanciamento mínimo entre estações de trabalho:

## Figura Proposta de Comunicação de Prevenção



(Sinalização S-2.1 a ser colocada nas salas estações de trabalho)

Fonte: BeerOrCoffee (2020)

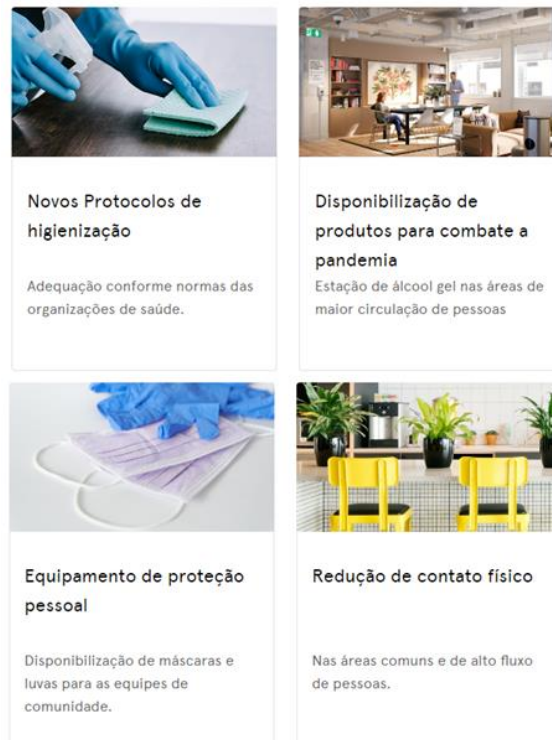
Essas recomendações impactam diretamente a disposição das posições de trabalho no escritório, e a quantidade de posições. Ou seja, quanto mais rígidas as ações de prevenção de saúde e segurança, maior o impacto na quantidade de posições disponíveis.

Para a WeWork (2020), as adequações das medidas de higiene seguirão as orientações de saúde, e serão baseadas em novos protocolos de higienização, disponibilização de produtos para combate a pandemia, equipamentos de proteção pessoal, e redução do contato físico.

A figura 14 sugere adequações nos protocolos de higienização dos escritórios, bem como disponibilização de produtos para proteção como álcool em gel, oferta de equipamentos de proteção e criação de barreiras em áreas comuns para redução do contato físico:



**Figura Adequações das medidas de higiene nos escritórios**



Fonte: WeWork (2020)

### Estratégia de retomada

O termo retomada foi adotado durante a pandemia para definir a volta ao trabalho. As empresas estão muito cautelosas com a retomada para não colocar ninguém em risco, expondo seus funcionários de maneira inadequada. Para isso, estão estruturando planos de retomadas, definindo:

- Novas rotinas de trabalho: como deve ser o dia a dia dos funcionários, onde e como cumprirão sua jornada de trabalho;
- Priorizar áreas ou equipes dentro de suas empresas: todas as empresas possuem suas atividades mais críticas que estão sendo mais impactadas com o trabalho remoto, essas devem ser priorizadas na retomada das atividades;
- Estabelecer a retomada em fases: após a priorização das equipes, estabelece-se um cronograma para retornar ao escritório, monitorando o comportamento e risco;
- Desenvolver plano de comunicação com os funcionários: a proximidade com os funcionários é essencial para deixá-los confortáveis a um retorno seguro, deixando claro em que condições deverão retornar, e que quais condições encontrarão o escritório, evitando assim a frustração do funcionário a um novo ambiente de trabalho, mais restrito a sua utilização, porém mais seguro.

## Desenho do “Novo Normal”

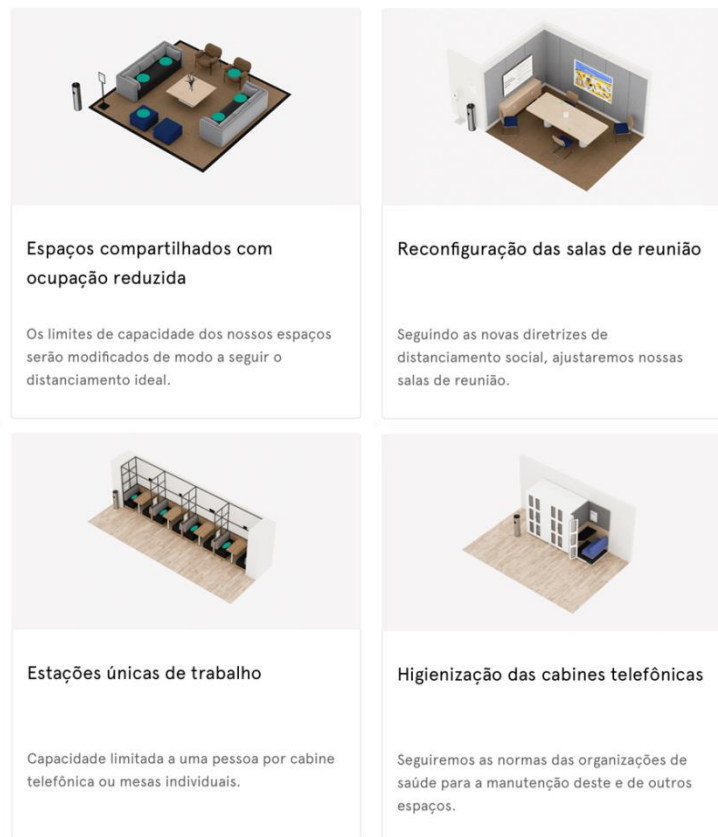
Os escritórios não deverão ser os mesmos diante de um cenário de incerteza que o mundo passa nesse momento. Engenheiros e Arquitetos se reúnem para identificar as principais tendências mundiais para definir o “Novo Normal”, que ainda é incerto. O termo “Novo Normal” foi adotado como sendo um padrão de boas práticas de higiene e distanciamento social adotado durante a pandemia, esclarecido dessa forma passará a ser usada no texto.

Considera-se além do trabalho presencial, o trabalho remoto, seja por meio do Home Office ou Remoto em coworkings. O Home Office surge como uma alternativa para aqueles que possuem em suas residências espaços minimamente preparados para o exercício de suas funções. E para aqueles que não dispõem de espaço ou internet de qualidade, e também não está disposto a correr risco de contaminação no trajeto de casa até o escritório, o trabalho remoto em escritórios de coworkings é uma solução que atenderá uma fatia grande de pessoas, com a opção de alugar uma estação de trabalho e/ou uma sala de reunião por algumas horas.

Dado essa possibilidade, os principais coworkings estão se estruturando para se adequar ao “Novo Normal”, adaptando seus ambientes, e seus processos de higiene e segurança.

Para a WeWork (2020), a implementação do distanciamento nos escritórios, visando a priorização do espaço pessoal, exige uma serie de adaptações no ambiente de trabalho, como por exemplo: espaços compartilhados com ocupação reduzida, estações únicas de trabalho, reconfiguração das salas de reunião, higienização das cabines telefônicas, conforme figura 15:

## Figura Estratégias de Distanciamento nos Escritórios



Fonte: WeWork (2020)

Segundo PEREIRA (2020), as estações de trabalho devem extinguir definitivamente a personalização com objetos pessoais, os quais potencializam o acúmulo de sujeira, uma grande preocupação atualmente.

Escritórios de arquitetura estão estudando alternativas no layout para a ocupação pós-pandemia, que cooperem para minimizar a proliferação do vírus. Ações desde o acesso aos edifícios, nos locais de trabalho e reunião, e onde armazenar seus pertences, de forma a contribuir com a prevenção e saúde dos funcionários.

O “Novo Normal” ainda é incerto, mas muito se pesquisa e estudam possibilidades, com foco em segurança e saúde, impactos na operação das atividades, bem como na preocupação com o bem estar dos funcionários, cuidando para gerenciar as frustrações dos funcionários que encontrarão um ambiente completamente diferente do que costumavam usufruir.

A figura 16 demonstra o impacto do espaço ocupado antes e após a pandemia:

Figura Alternativa de mudança de layout



Fonte: Estadão (2020)

Diante de todo esse cenário de precauções e incertezas, não se sabe quais os impactos sobre a ocupação nos escritórios corporativos.

Num primeiro momento, espera-se que o Home Office seja adotado permanentemente, ocasionando uma menor demanda por posições de trabalho, dependendo da quantidade de funcionários e dias de trabalho em Home Office, o que beneficiaria as empresas liberando espaços distratando contratos de locações, reduzindo assim suas despesas com Ocupação.

Por outro lado, a necessidade de maior espaçamento entre as estações de trabalho, maior necessidade de espaços de foco, e restrições de cadeiras em salas de reuniões, definidos pelo “Novo Normal”, possivelmente as empresas precisarão manter os espaços atuais, porém com uma menor taxa de ocupação.

Certamente, diante desse cenário, as empresas foram obrigadas a quebrar paradigmas, antecipando a implantação do trabalho remoto por meio do Home Office, fruto dos avanços tecnológicos, o que as fez mudar o modo de pensar em relação ao uso dos escritórios corporativos.

## Anexo 3 – Características das Gerações

### “Entendendo as diferenças entre gerações

Geração X ou Z? Millennials ou Xennials? Você sabe a diferença entre todos esses grupos?

Você, assim como eu, já deve ter ficado com um nó na cabeça ao se deparar com uma grande variedade de termos como Geração X, Z, Millennials e outros tantos. Depois de muito me confundir com todas essas definições, resolvi fazer um post que traz um resumo que vai nos permitir entender as principais diferenças entre gerações.

Para muitas pessoas essas divisões podem parecer pura bobagem, mas para áreas como marketing, por exemplo, compreender todas essas gerações é essencial para saber interpretar os diferentes tipos de público e seus comportamentos.

Com um pouco de pesquisa e alguns posts bem esclarecedores do Projeto Draft foi possível criar esse compilado pra gente nunca mais se confundir. Post para deixar nos favoritos, hein!

### **Geração X**

Se você é nascido entre 1965 e 1978 você pode se considerar parte deste grupo. Não há um consenso totalmente fechado sobre os anos pertencentes à Geração X, mas esse período é amplamente adotado pelos especialistas.

Antes do X vem a Geração dos Boomers/Baby Boomer, não tão citada hoje em dia, mas muito trabalhada em um passado não tão distante. Não será detalhada especificamente, mas pode-se considerar que vai de 1946 a 1964.

Entre as características da Geração X destaca-se o respeito por hierarquias, o desejo por estabilidade, uma busca árdua para conquistar o que se sonha e uma maior abertura para o afetivo do que nos anos anteriores. Segundo o Telegraph, poder-se-ia exemplificar esse grupo com os personagens da série Friends.

## **Xennials**

O título não é tão conhecido do grande público, isso porque foi uma microgeração designada para quem não se encaixava nem na Geração X nem na Y. Representa os nascidos entre 1977 e 1983, que tiveram seus primeiros anos de vida com tecnologia analógica e o início da vida adulta com o avanço dos computadores.

Um ponto relevante desse grupo ainda novo nas pesquisas de mercado é que fazem parte dele pessoas que começaram sua vida profissional antes da grande crise econômica mundial. Logo, os Xennials não foram tão prejudicados no mercado de trabalho, já que tiveram suas primeiras oportunidades antes da crise.

## **Geração Y ou Millennials**

A confusão é tanta que eu sequer sabia que os Y eram os mesmos indivíduos que os Millennials. Pois bem, essa geração de dois nomes envolve os nascidos entre 1979 e 1993. É também a chamada Geração do Milênio ou da Internet, o que faz bastante sentido.

Neste grupo estão os jovens que tiveram um contato bem precoce com computadores e celulares, e que foram parte ativa de toda essa explosão tecnológica dos últimos anos. Por isso, apresentam características de superconectados, viciados em redes sociais, multitarefas e empreendedores de áreas inovadoras.

Ao contrário da Geração X, os Y têm um certo problema para lidar com hierarquias e, por isso, muitas vezes resolvem trabalhar por conta própria, buscando alcançar seus sonhos de forma individual. Por estarem online desde cedo, são considerados a primeira geração verdadeiramente global.

Ah, para os Millennials a busca por experiências é mais importante do que bens materiais, e estão sempre em movimento em busca de liberdade.

Diferenças entre gerações

## **Geração Z**

Também chamados de Post-Millennials, esses jovens nasceram entre 1994 e 2009. Sua principal característica é a ultraconexão tecnológica, uma vez que já na infância começaram a ter contatos com dispositivos avançados.

Para alguns pesquisadores, estes seriam os primeiros nativos digitais. Eles também se mostram muito mais tolerantes que as gerações anteriores, acreditando na pluralidade de opiniões e culturas.

Nômades e exploradores natos, os integrantes da Geração Z também chama a atenção pelo “filtro de oito segundos”. Ou seja, são capazes de processar uma informação e se interessar por algo novo nesse curto período.

## **Geração Alpha**

Bom, a metade dessa geração ainda nem nasceu. Os Alpha vão de 2010 a 2024, é o que dizem os pesquisadores. Segundo projeções demográficas, eles serão um novo tsunami populacional, principalmente em lugares como China, Índia e África.

Ainda há muito o que se prever desse grupo, mas sem dúvida serão as crianças mais expostas a educação precoce até hoje – e ao contato tecnológico e ultraconectado, obviamente.

## **Perennials**

Depois de entendermos um pouco melhor as gerações mais citadas, com os Perennials é hora de esquecer todas as datas que citamos acima. Isso porque esse grupo não tipifica pessoas por idade, mas sim por comportamento.

Os Perennials são indivíduos que possuem amigos de todas as idades e que se adaptam as novas tecnologias. É um grupo que não se permite ficar engessado a padrões e que procura estar sempre em movimento.”

Fonte: <https://coworkingbrasil.org/news/diferencas-entre-geracoes/>

## Anexo 4 – Programação Linear

### “Definição e natureza

Pretendemos, nesse apêndice, apresentar os conceitos básicos da programação linear, que são usados para as aplicações para economia das empresas e das organizações. Para conhecimento mais avançado do assunto, recomendamos livros especializados de pesquisa operacional e/ou programação linear.

A origem da formulação da programação linear deve-se ao matemático russo L.V.Kantorovich. Embora alguns economistas tenham dado valiosas contribuições nos últimos anos, e que hoje em dia o instrumento seja empregado em diversos estudos econômicos, o fato é que a programação linear é inteiramente uma técnica matemática. Não é uma teoria econômica, mas pode ajudar os economistas à encontrarem as soluções ótimas para problemas econômicos reais. O conteúdo econômico inexistente nesse instrumento, no sentido que ele nos dá pouca informação no que diz respeito ao funcionamento da economia, além daquele dado pela teoria econômica convencional.

A programação linear é uma técnica matemática para solucionar problemas de maximização e minimização de problemas envolvendo variáveis que mantenham relacionamentos lineares entre si. Visto de maneira geral, a programação linear ajuda na determinação da alocação ótima de recursos limitados para que sejam alcançados objetivos pré-determinados. Em outras palavras, é uma técnica para encontrar uma solução ótima para um problema, qual seja o de que a alocação de recursos consiga atingir determinados fins dadas certas condições.

A programação linear é uma técnica que objetiva alcançar os valores ótimos das variáveis relevantes, para que esses valores possam maximizar ou minimizar o valor das respectivas funções objetivas. Para entendermos isso, vamos relacionar a seguir os principais conceitos da programação linear. Esse problema pode ter um tratamento gráfico e/ou matemático – *Simplex* –, e um algoritmo de solução mais complexo, mas isso poderá ser visto em livros especializados. Aqui apresentamos apenas uma aplicação de cálculo bem simplificada do Método Simplex.



## Conceitos básicos

A programação linear desenvolveu sua própria linguagem. Essa análise utiliza uma determinada terminologia e conceituação, com conotações específicas para a formulação do problema. A seguir, vamos rever os conceitos básicos...

### Função Objetiva

Todos os problemas de programação linear se voltam sempre para a minimização ou a maximização de valores numéricos ligados a um problema sendo estudado. A quantidade para ser minimizada ou maximizada é conhecida como *função objetiva*. Por exemplo, quando se quer minimizar o custo, isso é chamado de função objetiva. Do mesmo modo, quando se quer maximizar os lucros ou a receita. As funções objetivas são expressas na forma de equações. Por exemplo, para uma firma, produzir e vender as quantidades dos produtos X, Y e Z, cada um gerando um lucro unitário de 6, 4, e 2, respectivamente, a função – objetiva – de maximização de lucros pode ser expressa como...

Maximizar  $\Pi = 6X + 4Y + 2Z$

Pode ser notado que os problemas de maximização ou minimização são *duais*, pois cada problema de minimização implica a maximização de outra quantidade, e vice-versa. Por exemplo, a minimização dos custos implica a maximização de lucros ou receitas, e vice-versa. Dessa maneira, cada problema de maximização – ou minimização – pode ser convertido num problema de minimização – ou maximização –, porém esse procedimento é complicado.

### Restrições

As funções objetivas de problemas de minimização ou maximização são sujeitas a certas limitações que previnem que as soluções sejam infinitamente grandes ou pequenas. As restrições expressam as condições limitantes que surgem de condições tecnológicas ou de recursos limitados. Por exemplo, a maximização da produção é restringida pela disponibilidade de insumos, isto é, pelo número de máquinas, horas de trabalho, quantidades de matérias primas, etc. As restrições são expressas na forma de *desigualdades*. Supondo que a firma disponha de 100 horas

de máquinas (M) e 500 homens-hora (L), as restrições podem ser representadas como...

$$M \leq 100, \quad L \leq 500$$

### Variáveis de Escolha

As variáveis de escolha são os *números que devem ser escolhidos a fim de minimizar – ou maximizar – a função objetiva satisfazendo todas as restrições*. Cada variável de escolha é um indicador do nível de uma *atividade* ou processo. Uma atividade ou processo é uma operação física, como por exemplo a produção de uma mercadoria, a compra ou venda de produtos, o transporte de mercadorias, etc. Uma variável de escolha, entretanto, não necessita necessariamente ser uma atividade física. Em muitos problemas importantes de otimização, uma variável de escolha pode representar um preço que não indique uma atividade física.

### Condição de não negatividade

A condição de não negatividade das variáveis é um importante requisito da programação linear. Isso decorre do fato de que as variáveis que as empresas têm de lidar, como por exemplo, insumos de capital e mão-de-obra, não podem ser negativas. As variáveis têm de ser maior que zero, ou igual a zero no limite. Podemos representar a não negatividade da variável W como sendo...

$$w \geq 0$$

### Soluções ótimas e possíveis

As soluções possíveis são aquelas que podem ser alcançáveis com um conjunto dado de recursos, sujeitos à limites e restrições. Por exemplo, na análise do consumidor vimos as *retas de orçamento*, e na teoria da produção as de *isocusto*. Toda a área embaixo ou sobre as retas de orçamento ou isocusto são soluções possíveis. A solução possível é uma condição necessária, mas não suficiente, para uma solução ótima. Para essa última, necessita-se que sejam satisfeitas todas as restrições.

### Hipóteses da Programação Linear

As soluções para o problema da otimização por meio da programação linear se baseiam nas seguintes hipóteses básicas...

#### Linearidade

A linearidade do relacionamento insumo-produto é tanto uma hipótese como uma condição para os problemas de programação linear. Visto de um ponto de vista econômico, as soluções da programação linear se baseiam na hipótese de um retorno constante para os fatores no curto prazo. Em outras palavras, os retornos médios e marginais de um fator são iguais. Visto graficamente, o relacionamento linear é representado por uma linha reta. A linearidade é também uma condição limitativa para a aplicabilidade da programação linear. Decorre disso que essa técnica só pode ser empregada para resolver problemas que envolvem relações lineares de insumo-produto. Para o tratamento de um tema correlato, veja também o apêndice F, que apresenta uma introdução à análise de insumo-produto.

#### Continuidade

De acordo com essa hipótese, todas as variáveis escolhidas devem ser expressas numericamente. Ou seja, é um enfoque cardinal, e não-ordinal, para as variáveis. Não é possível se chegar à uma solução ótima se as variáveis não forem quantificáveis e capazes de receber uma expressão numérica.

#### *Independência e aditividade*

As variáveis – e sua especificação numérica – devem ser independentes das outras variáveis. Por exemplo, para um problema de programação linear, eu não posso ter ao mesmo tempo uma variável representando toneladas de parafusos, e outra variável representando quilos de parafusos. As variáveis devem ser capazes de serem escolhidas arbitrariamente, dadas as restrições. Além disso, as variáveis devem também satisfazer a condição de aditividade, ou seja, podem ser somadas.

#### Proporcionalidade

Essa hipótese fica implícita quando se assume a condição de linearidade. A proporcionalidade implica que o relacionamento entre as variáveis – insumos e produtos – é proporcional e não se altera no curso da solução. Por exemplo, se a produção de uma unidade de uma mercadoria requer 3 unidades de insumos, a

produção de 20 unidades dessa mercadoria vai necessitar de 60 unidades de insumos.

### Preços constantes

Na programação linear se assume que os preços dos insumos e dos produtos é constante, irrespectivamente das quantidades compradas ou vendidas. Na linguagem técnica que vimos nos capítulos 4 e 5, as elasticidades preço de demanda e oferta são infinitas. Em outras palavras, assume um preço de competição pura tanto nos mercados de produtos quanto nos mercados de fatores de produção.

### Métodos de Solucionar o Problema

Vamos mostrar, nessa seção, um método matemático – Método Simplex – numa formulação bem elementar, e na Seção seguinte vamos dar um exemplo de sua aplicação. Conforme já havíamos mencionado, para um aprofundamento do tema é necessário a consulta de livros especializados em programação linear e pesquisa operacional.

É possível também uma aplicação gráfica, e dessa maneira o ponto ótimo de um programa linear sempre ficará no limite ou fronteira do conjunto das soluções possíveis. A solução ótima irá ocorrer somente num ponto extremo – esquina – desse conjunto. É necessário portanto avaliar a função objetiva em cada um desses pontos, selecionando aquele que nos dá o máximo – ou o mínimo. Isso não é difícil de ser feito quando o número máximo de restrições é 2 e o de variáveis também é 2.

Essa solução gráfica fica demasiadamente complexa quando o número de restrições e de variáveis é maior que 2. Para lidar com essas situações complexas, foi desenvolvido um método, chamado *Algoritmo Simplex*, pelo matemático George B. Dantzig.

O Método Simplex é uma técnica de pesquisa, mas é sistemática no seu enfoque, o que a torna uma técnica de solução eficiente. As propriedades desse processo iterativo são as seguintes...

essa regra nos ajuda a determinar, após cada passo, qual será o próximo passo, com base nas tentativas feitas anteriormente;

cada tentativa posterior alcança um valor mais próximo da solução correta do que o obtido na tentativa anterior;

o procedimento iterativo, que pode ser empregado numa grande variedade de problemas, praticamente garante que se atinja o resultado correto após um número finito de passos.

### Exemplo de Aplicação do Método Simplex

Vamos imaginar o seguinte problema...

Maximize  $2,5 x_1 + 2x_2$

Sujeito a  $x_1 + 2x_2 \leq 8000$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 9000$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

Suponha que  $x_0 = 2,5 x_1 + 2x_2$

Isto é,  $1x_0 - 2,5x_1 - 2x_2 = 0$  (1)

Adicione as variáveis às restrições estruturais,

$$1.x_1 + 2.x_2 + 1.x_3 + 0.x_4 = 8000 \quad (2)$$

$$3.x_1 + 2.x_2 + 0.x_3 + 1.x_4 = 9000 \quad (3)$$

As equações (1) a (3) podem ser reescritas como...

$$1 \cdot x_0 - 2,5 x_1 - 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4 = 0 \quad \text{Linha 0} \quad (4)$$

$$1x_1 + 2x_2 + 1x_3 + 0x_4 = 8000 \quad \text{Linha 1} \quad (4)$$

$$3x_1 + 2x_2 + 0x_3 + 1x_4 = 9000 \quad \text{Linha 2} \quad (4)$$

Onde todas as variáveis são não-negativas. Observe que a Linha 0 é a forma em equação da função objetiva.

O primeiro passo é selecionar uma solução inicial e possível para o sistema de equações (4). Vamos começar assumindo que  $x_3 = 8000$ ,  $x_4 = 9000$  e as variáveis restantes iguais a 0. Observe que se  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0$ , isso significa que  $x_0 = 0$ .

Podemos agora obter a Tabela inicial  $T_0$

Base	Valores Correntes	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	Linha
$x_0$	0	-2,5	-2	0	0	0
$x_3$	8000	1	2	1	0	1
$x_4$	9000	3	2	0	1	2

A solução seria ótima se não existissem entradas negativas na Linha 0. Como existem, tem-se de aplicar o Critério Simplex I para a mudança de base, ou operação pivô...

Critério Simplex I — maximização — escolha do pivô coluna

Caso haja elementos negativos na Linha 0 correspondendo às variáveis não-básicas – nesse caso  $x_1$  e  $x_2$  –, então selecione a variável – ou a coluna – que tenha o maior coeficiente negativo – ou elemento de topo.

Ao escolher a coluna pivô tendo o maior elemento de topo negativo, isso nos leva a decidir fazer que  $x_1$  seja negativo na próxima base. Ademais,  $x_1$  tem o maior ganho potencial por unidade. Portanto, o Critério Simplex I busca aumentar o ganho por meio de uma mudança de base.

Mas quais variáveis básicas  $x_1$  devemos substituir? Para determinar isso, devemos usar agora o Critério Simplex II.

#### Critério Simplex II – escolha do elemento pivô

A fim de fazer essa escolha, devemos calcular uma fração de cada um dos elementos da coluna *Valores Correntes* com os coeficientes das variáveis entrantes. Devemos ignorar as frações que mostrem números negativos ou iguais a zero no denominador. O elemento pivô necessita ser o coeficiente para o qual a fração resultante é a mínima.

Os cálculos são feitos da seguinte maneira...

Variáveis Básicas	Solução Corrente ÷	÷ Coeficiente de $x_1$	Fração	Mínimo	Solução Seguinte
$X_0$	0	-2.5	-		
$X_3$	8000	1	8000		
$X_4$	9000	3	3000	3000	$X_4 = 0$ $X_1 = 3000$

Tendo escolhido o elemento pivô com valor 3, como pode ser visto na Tabela Inicial  $T_0$ , podemos agora construir uma nova tabela, a Tabela  $T_1$ . Os elementos dessa Tabela são construídos seguindo os dois passos descritos a seguir...

Passo 1 = Já que  $x_1$  agora entra na base, substituindo  $x_4$ , podemos substituir os elementos da coluna  $x_1$  pelos elementos da coluna  $x_4$ . Ademais, divida agora pelo elemento pivô 3 todos os outros pivôs, exceto ele mesmo.

Passo 2 = Construa todos os outros elementos nas outras linhas e colunas da Tabela de acordo com a seguinte fórmula...

Novo Elemento = Velho Elemento Correspondente – Fração

Fração = (Produto dos dois [outros] elementos de esquina) ÷( elemento pivô velho)

Por exemplo, 8000 vai ser substituído por 5000, onde  $5000 = 8000 - (9000 \times 1) \div 3$

.

Observe também que 2 ( $x_2$ , o segundo elemento da coluna) será substituído por...

$$4/3 = 2 - (2x_1 \div 3)$$

Desse modo, a nova Tabela Simplex  $T_1$  se torna:

Base	Valores Correntes	X1	X2	X3	X4	Linha
$X_0$	7500	0	-1/3	0	2,5/3	0
$X_3$	5000	0	4/3	1	-1/3	1
$X_1$	3000	1	2/3	0	1/3	2



A nova Tabela revela que o valor da Função Objetiva aumentou de 0 para 7500, indicando uma melhoria.

Uma vez que a Linha 0 contém  $-1/3$ , aplicando o Critério Simplex I, tem-se de selecionar  $x_2$  como sendo a variável básica. Substituir por qual? Novamente, fazemos o seguinte cálculo...

Variáveis Básicas	Solução Corrente ÷	÷ Coeficiente de $x_2$	Fração	Mínimo	Solução Seguinte
$X_0$	7500	$-1/3$	-		
$X_3$	5000	$4/3$	3750	3750	$X_3 = 0$ $X_2 = 3750$
$X_1$	3000	$2/3$	4500		

Aplicando de novo os passos 1 e 2, nos construímos a Tabela  $T_2$  como...

Base	Valores Correntes	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Linha
$X_0$	8750	0	0	$1/4$	$3/4$	0
$X_2$	3750	0	1	$3/4$	$-1/4$	1
$X_1$	500	1	0	$-1/2$	$1/2$	2

Desse modo, tem-se agora todos os elementos topo positivos. Isso significa que alcançamos uma solução ótima. A solução é o ponto de canto no qual  $x_1 = 5000$ ,  $x_2 = 3750$  e o valor máximo da função objetiva é  $x_0 = 2,5 \times (500) + 2 \times (3740) = 8750$ ."

Fonte:

CARVALHO, Pedro M.. *Programação linear - conceitos básicos*. In: . [S.l.: s.n]

[http://ead2.fgv.br/ls5/centro\\_rec/docs/apendice\\_prog\\_linear.doc](http://ead2.fgv.br/ls5/centro_rec/docs/apendice_prog_linear.doc)

## Apêndices

## Apêndice 1 – Formulário de Registo da Observação Casual

População 6	Nome	Cargo	Gênero	Idade	Geração	Média 5	Ocupação 83%	Unidade de Negócio	Estilo de Trabalho	Σ	Dia						Presença	
											1	2	3	4	5	5	5	5
	João	Pleno	Masculino	44	X		Pagamento	Fixa	p	p	p	p	p	p	p	6	100%	
	Maria	Júnior	Feminino	30	Y		Auditória	Flutuante	p		p			p		3	50%	
	Luisa	Estagiário	Feminino	22	Z		Facilities	Fixa	p	p	p	p	p	p	p	6	100%	
	Pedro	Gerente	Masculino	35	Y		Facilities	Volante	p		p				p	4	67%	
	José	Senior	Masculino	58	Baby Boomers		Obras	Volante	p	p				p	p	5	83%	
	Joana	Gerente	Feminino	26	Z		Jurídico	Fixa	p	p	p	p	p	p	p	6	100%	



