MIRIAM ROUX AZEVEDO ADDOR

Proposta de Metodologia de Avaliação para Salas de Coordenação de
Projetos em BIM

São Paulo
2015

MIRIAM ROUX AZEVEDO ADDOR

Proposta de Metodologia de Avaliação para Salas de Coordenação de
Projetos em BIM

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

São Paulo

2015

MIRIAM ROUX AZEVEDO ADDOR

Proposta de Metodologia de Avaliação para Salas de Coordenação de
Projetos em BIM

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

Área de Concentração:
Construção Civil

Orientador: Prof. Doutor
Eduardo Toledo Santos

São Paulo
2015

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

Addor, Miriam Roux Azevedo

Proposta de metodologia de avaliação para salas de coordenação de projetos em BIM. / M. R. A. Addor -- versão corr. -- São Paulo, 2015.
157 p.

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

1.Construção civil (Modelagem; Interação) 2.Terceira dimensão
3.Visualização I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Ao meu marido Marco Addor e a meus filhos Mariana e Matheus Addor

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Toledo Santos pela orientação na elaboração deste trabalho.

À equipe da Addor e Associados, que incansavelmente se dispôs a me ajudar no que foi preciso, em especial à Patrícia Melo, Carolina Thimoteo e Priscila Brito.

Ao estudante de engenharia Pedro Henrique Torres que muito colaborou na coleta dos dados.

Às construtoras e incorporadoras que gentilmente cederam seus espaços para que as reuniões de projeto pudessem ser registradas em vídeo.

Aos meus pais que sempre se dispuseram a oferecer educação de melhor qualidade.

Ao Marco Addor que me apoiou e compreendeu em todos os momentos.

Aos meus filhos, Mariana e Matheus que sempre me deram total compreensão e apoio.

A todos que colaboraram com discussões, sugestões e incentivos para o sucesso deste trabalho, um super obrigada!

“Não existem métodos fáceis para resolver problemas difíceis”

René Descartes

RESUMO

ADDOR, M. R. A. **Proposta de Metodologia de Avaliação para Salas de Coordenação de Projetos em BIM**. 2015. 176 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

A Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM) é um novo processo para produzir uma edificação e que pode englobar todo o seu ciclo de vida. Pressupõe a construção de um modelo tridimensional contemplando-se as informações dos objetos a serem construídos. Pela grande amplitude em que este processo pode atuar, ele pode causar muitos impactos em toda a cadeia produtiva e, consequentemente, muitas formas atuais de trabalho deverão ser revistas ou alteradas. Entre estas, a atividade de coordenação de projetos. Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação de salas de coordenação de projetos em BIM e está contextualizado nos usuários do setor imobiliário que utilizam este processo em seus projetos. Ao se coordenar projetos em BIM, são requeridas mídias diferentes daquelas utilizadas quando a análise é baseada em papel. Surgem novas necessidades aos participantes da reunião de coordenação como visualizar, navegar ou verificar um modelo 3D, fazer croquis digitais, e outras atividades que devem tornar a reunião presencial produtiva, com o objetivo de resolver os problemas dos projetos. Neste trabalho são propostos critérios e métricas para avaliação da qualidade de leiautes de salas de coordenação a serem utilizadas no processo BIM (*BIM Rooms*). Para validação dos resultados, foram analisados e avaliados 14 leiautes diferentes para uma mesma sala em relação às métricas e critérios propostos. Com a finalidade de estabelecer qual a relação de importância entre todos os 10 critérios propostos para atendimento às necessidades dos participantes de reuniões BIM, foi aplicado o método AHP de decisão multicritério baseado na análise de comparações em pares. Os resultados permitiram determinar os melhores leiautes para uma sala equipada com 2 projetores de curta distância. Os critérios e métricas apresentados, bem como a metodologia para medi-los, são úteis para a avaliação de outras salas e leiautes para atender aos usuários de salas de reuniões de projetos baseados em BIM.

Palavras-chave: Espaços interativos. Reuniões de coordenação de projetos. Visualização. Modelagem 3D. Modelagem da Informação da Construção. BIM.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a new process to produce a building that may include its entire lifecycle. It requires the construction of a three-dimensional model contemplating the information of the objects to be built. Due to the great extent to which this process can serve, it can cause many impacts throughout the production chain and, therefore, many current forms of work should be reviewed or changed. Among these, is the design coordination task. This work aims to develop a methodology for evaluating BIM coordination rooms contextualized in real state users using this process in their projects. When coordinating projects using BIM, different media are required from those used when the analysis is paper-based. New meeting participants' needs surface like visualizing, browsing or checking a 3D model, making digital sketches, and other activities that make face-to-face meetings productive, in order to solve project problems. In this work, criteria and metrics for evaluating the quality of layouts of BIM coordination rooms are proposed. To validate the results, fourteen different layouts for the same room were analyzed and evaluated regarding proposed metrics and criteria. In order to establish the relative importance among all the ten proposed criteria, the AHP method of multi-criteria decision based on pair comparisons analysis was applied. The results determined the best layouts for a room equipped with two interactive projectors. The criteria and metrics presented, as well as the methodology to measure them, are useful for the evaluation of other rooms and layouts to serve meeting room users based on BIM.

Keywords: Interactive design spaces. Design coordination meetings. Visualization, 3D Modeling. Building Information Modeling. BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Campo visual no plano horizontal	46
Figura 2 - Movimento horizontal de cabeça	47
Figura 3 - Movimento horizontal de cabeça	47
Figura 4 - Campo de visão no plano vertical	48
Figura 5 - Acesso de circulação em salas com leiaute tipo "U"	50
Figura 6 - Linhas de visão em mesas de reuniões com tela de grande dimensão ...	51
Figura 7- Posicionamento da câmera de filmagem	60
Figura 8 - Fluxo de uma reunião de coordenação na fase start up	70
Figura 9 - Fluxo de reunião em BIM	72
Figura 10 - Planilha para coleta dos dados.....	75
Figura 11 - Exemplo de uma reunião de coordenação gravada.....	77
TFigura 12 - Distribuição dos tipos de empreendimentos estudados	77
Figura 13 - Distribuição das fases de projeto dos empreendimentos no momento da gravação.....	78
Figura 14 - Participação em reuniões de acordo com a especialidade.....	79
Figura 15 - Interações dentro de uma sala de coordenação	82
Figura 16 - Leiautes avaliados.....	87
Figura 17 - Aplicação da métrica de ângulo horizontal	89
Figura 18 - Geração de imagem em aplicativo 3D	90
Figura 19 - Análise da imagem em aplicativo de tratamento de imagem	91
Figura 20 - Medição máximo ângulo vertical	92
Figura 21 - Medição de obstrução do participante	93
Figura 22 - Medição de distância.....	93
Figura 23 - Medição de ângulo	94
Figura 24 - Medição de espaço físico	96
Figura 25 - Medição de ângulo	97
Figura 26 - Leiaute com usuários de costas para a tela	97
Figura 27 - Vistas 3D produzidas em aplicativo paramétrico.....	98
Figura 28 - Verificação da área de oclusão da tela com uso de software editor de imagens.....	98
Figura 29 - Verificação do máximo ângulo vertical.....	99

Figura 30 - Verificação da obstrução do interlocutor	100
Figura 31 - Distância entre locutor e interlocutor	101
Figura 32 - ângulo entre o locutor e interlocutor	102
Figura 33 - Medição de espaço físico	103
Figura 34 - Níveis hierárquicos para análise multicritério	107
Figura 35 - Determinação do vetor de prioridades de cada matriz	109
Figura 36 - Exemplo de cálculo de CI e CR.....	109
Figura 37 - Passos para obtenção da nota de visualização	113
Figura 38 - O melhor leiaute avaliado (L13) e os piores em relação à métrica "ângulo horizontal"	115
Figura 39 - Os melhores leiautes (L6,L7, L13) e o pior na métrica % de oclusão da tela.....	116
Figura 40 - Os melhores e o pior leiaute de acordo com a métrica máximo ângulo vertical	117
Figura 41 - O melhor (L12) e o pior (L13) leiaute de acordo com a métrica distância entre os participantes	118
Figura 42 - O melhor e o pior leiaute de acordo com a métrica ângulo entre os participantes.....	119
Figura 43 - O melhor e o pior leiaute de acordo com a métrica obstrução do participante.....	119
Figura 44 - Os dois melhores leiautes (L4/L5) e os dois piores (L6/L12) de acordo com o critério espaço	120
Figura 45 - Classificação final dos leiautes de acordo com os critérios e métricas aplicados	123
Figura 46 - Os quatro melhores leiautes classificados de acordo com os critérios. 124	
Figura 47 - Os sete leiautes em teste	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do processo de comunicação	39
Tabela 2 - Padrões definidos de comunicação.....	61
Tabela 3 - Escala fundamental AHP	67
Tabela 4 - Número total de ações por tipo de documento e objetivos na reunião	79
Tabela 5 - Necessidades dos usuários das salas de coordenação em BIM	81
Tabela 6 - Planilha de comparação par a par - necessidades	104
Tabela 7 - Planilha de comparação par a par - critérios sobre visualização de informações na tela	104
Tabela 8 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica ângulo horizontal	104
Tabela 9 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica porcentagem de oclusão da tela.....	105
Tabela 10 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica máximo ângulo vertical	105
Tabela 11 - Planilha de comparação par a par - critérios sobre interatividade	105
Tabela 12 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica ângulo entre interlocutores	105
Tabela 13 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica distância.....	106
Tabela 14 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica espaço físico.	106
Tabela 15 - índice randômico médio	108
Tabela 16 - Resumo das médias dos vetores de prioridades das necessidades, critérios e métricas.....	111
Tabela 17 - Exemplo de mapeamento de valor de métricas para notas de acordo com os valores AHP	112
Tabela 18 - Média das notas obtidas em cada leiaute para a métrica ângulo horizontal.....	114
Tabela 19 - Média das notas obtidas em cada leiaute para a métrica % oclusão da tela	115
Tabela 20- Média das notas obtidas para o subcritério máximo ângulo vertical	116
Tabela 21 - Média das notas obtidas para critério interatividade - métrica distância entre participantes	118

Tabela 22 - Médias das notas para a métrica ângulo para interatividade entre os participantes.....	118
Tabela 23 - Média das notas obtidas para a métrica obstrução do participante	119
Tabela 24 - Média das notas obtidas para o critério espaço	120
Tabela 25 - Resultados dos critérios de visualização e interatividade.....	121
Tabela 26 - Resultado da aplicação da classificação dos leiautes de acordo com o critério visualização	121
Tabela 27 - Resultado de classificação dos leiautes de acordo com o critério interatividade.....	122
Tabela 28 - Resultado final da classificação dos leiautes.....	123
Tabela 29 - Planilha de avaliação dos leiautes	125
Tabela 30 - Resultado da média das notas obtidas pela análise dos participantes de reuniões.....	125
Tabela 31 - Resultado comparativo das notas obtidas para a classificação de leiautes no uso e na teoria	125
Tabela 32 - Resultados comparativos dos testes dos leiautes com a teoria	129
Tabela 33 - Relação de equipamentos para um iRoom.....	130

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Delimitação da pesquisa e objetivos	11
1.1.1	Justificativas	11
1.1.2	Objetivo geral	13
1.1.3	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	Projeto e o processo de gestão-coordenação de Projetos 2D.....	14
2.1.1	Coordenação de projetos	14
2.1.2	Compatibilização de projetos	17
2.1.3	Reunião de coordenação de projetos	19
2.1.4	Tipos de reuniões de coordenação: física ou virtual	20
2.1.5	O leiaute da sala de coordenação de projetos	24
2.2	Coordenação de projetos e Modelagem da Informação da Construção (BIM) 27	
2.2.1	Espaços interativos para reuniões de projeto em BIM	30
2.2.2	Necessidades dos usuários e dispositivos na sala de coordenação de projetos	33
2.3	Comunicação em projeto: mídia, tarefas e o processo	36
2.4	Ergonomia e usabilidade	43
2.4.1	Características visuais	44
2.4.2	Linhas de visada em salas de reunião	49
2.4.3	Mesas e assentos na sala de reuniões	51
2.4.4	Conforto acústico, térmico e lumínico.....	52
2.4.5	Usabilidade.....	53
2.5	Dispositivo de entrada e saída	53
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	55

3.1	Elaborar levantamento dos requisitos dos usuários	59
3.2	Definir leiautes para o estudo	65
3.3	Aplicar análise multicritério para classificação das métricas	66
3.4	Elaborar levantamento e classificação dos possíveis dispositivos a serem aplicados	68
4	RESULTADOS	69
4.1	Mapeamento dos fluxos de reunião tradicional e reunião BIM	69
4.2	Formulário para captação das informações das gravações	72
4.3	Gravação e análise das reuniões em vídeo	75
4.4	Levantamento das necessidades para os usuários de reuniões em BIM	80
4.5	Leiautes definidos para estudo	82
4.6	Critérios e Métricas definidos para medição dos leiautes	87
4.7	Aplicação das métricas sobre os leiautes	96
4.8	Aplicação da análise multicritério para ponderação dos critérios	103
4.9	Determinação do vetor de prioridades de cada nível da hierarquia	106
4.10	Classificação dos leiautes de acordo com a análise multicritério	111
4.11	Análise dos leiautes de acordo com as classificações multicritério	114
4.12	Validação do construto.....	124
4.13	Equipamentos.....	130
5	DISCUSSÃO	131
5.1	Considerações sobre os resultados da análise sobre reuniões tradicionais (não BIM).....	131
5.2	A análise multicritério.....	132
5.3	Os leiautes	135
5.4	Avaliação do Construto	139
5.5	Análise do custo benefício	141
5.6	Conexões teóricas	141

5.7	Aplicabilidade da solução	143
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	145

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como meta contribuir para a implantação de salas adequadas à coordenação de projetos em BIM. O público alvo são os profissionais que trabalham na área de projetos e estão se especializando em BIM, bem como os contratantes da área imobiliária: construtores e incorporadores. No entanto, devido à essência do trabalho de projeto, esta infraestrutura da sala poderá se estender para outros projetos dos demais setores da construção civil. Os primeiros usuários de BIM, desde a década de 60 (EASTMAN et al., 2008), tiveram como principal objetivo o uso do BIM para visualização de projetos. Atualmente, o BIM tem o potencial para revolucionar a construção civil, alinhando-a, em termos de uso de tecnologia de informação, com outras indústrias. Assim já tem ocorrido em outros países. A série de levantamentos da *McGraw-Hill Construction* mostra que os níveis de adoção do BIM nos EUA cresceram de 28% em 2007, para 49% em 2009, atingindo 71% em 2012 (McGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2012), indicando uma forte tendência de crescimento neste processo de trabalho. Outros dados recém-publicados pela *McGraw-Hill Construction* informam sobre tendências do uso do BIM no mundo e no Brasil. Na Europa, por exemplo, 41% das empresas contratantes da área de construção civil estão usando BIM entre três e cinco anos, no Japão 80% e na Austrália 50% das empresas participantes da pesquisa usam BIM de três a cinco anos. No Brasil, 40% das empresas que responderam à pesquisa se encontram em nível médio de implementação do BIM, sendo que 70% destas empresas vêm usando BIM de um a dois anos (McGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014).

Hoje, grande parte das grandes construtoras norte americanas já utilizam rotineiramente ambientes especialmente equipados para as tarefas de coordenação de projetos em BIM. Dessa forma, a maioria da pesquisa reportada na literatura sobre essa temática provém dos EUA e, naturalmente têm como contexto e referência a construção na forma como é desenvolvida naquele país, incluindo seus processos, fases, documentação, tecnologias construtivas e contratos, quase sempre distintos da realidade brasileira. O reconhecimento deste fato em relação à aplicação deste processo no Brasil deve ser considerado na análise crítica quanto à sua aplicabilidade no contexto nacional.

De acordo com centros de pesquisa que atuam na área há mais de vinte anos, como o CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) da Universidade Stanford e o CIC *Research Program (Computer Integrated Construction)* da *Penn State University*, muitos são os benefícios de uma sala interativa de projetos, principalmente no que diz respeito à tomada de decisão em projeto (FISCHER et al., 2002).

Existe uma lacuna na atual infraestrutura de salas de coordenação. As mesmas muitas vezes têm um conjunto de instalações muito básico, composto por cadeiras, mesas, lápis, canetas e, às vezes, uma TV grande e suporte para *notebook*.

Este trabalho propõe uma metodologia para avaliação de leiautes de salas de coordenação em BIM.

1.1 Delimitação da pesquisa e objetivos

1.1.1 Justificativas

Sabe-se que o BIM vem sendo implementado em diferentes níveis em diversas regiões do mundo há mais de vinte anos. No Brasil, apesar de há menos tempo, esta realidade não é diferente (McGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014).

No entanto, as questões sobre seu impacto no novo espaço de trabalho muitas vezes são deixadas de lado (LEICHT; MESSNER, 2009).

O setor de coordenação de projetos ainda se mostra incipiente nas iniciativas de atender à infraestrutura de salas de coordenação em BIM. Há algumas iniciativas isoladas neste processo utilizando telas de projeção de grandes dimensões, televisores, monitores, *tablets* e PCs, na fase de projeto.

As reuniões de coordenação de projetos envolvem uma grande variedade e quantidade de dados (FISCHER, et al.; 2002). As salas que hoje se usam para esta atividade são simples salas de reuniões, com uma mesa e cadeiras. Algumas vezes utilizam-se telas de grandes dimensões com projetores comuns ou uma TV que se conecta a um *notebook*. A partir do momento em que o processo de trabalho muda com a geração de modelos tridimensionais que contêm informação, não só sobre a forma da edificação mas também sobre materiais, componentes, estrutura e custos, o contexto de análise deste modelo também tem que ser alterado (OGUETA, 2012). Dentro deste novo contexto, além da informação que o modelo carrega, a forma como

ele é apresentado e seu caráter digital faz com que a infraestrutura para atender aos seus requisitos seja especial. São levados em consideração, além dos aspectos físicos, a interface entre o usuário e a tecnologia. Como são muitos e novos os dispositivos, deve se levar em conta qual é o grau de facilidade com que estas interfaces podem ser usadas (usabilidade).

Apesar destas salas de coordenação em processo BIM já terem sido testadas e utilizadas em outros países, não podemos utilizá-las em sua totalidade como modelo para construção de nossa proposta no Brasil, pois o processo de desenvolvimento e detalhamento dos projetos para construção no Brasil diferem daqueles dos demais países. Nos Estados Unidos, por exemplo, o fluxo do projeto é concluído na fase pré-executiva pelo projetista e a fase de detalhamento e pré-fabricação é feita pelo subcontratado em obra. A análise dos conflitos entre especialidades geralmente ocorre dentro dos canteiros de obra, em “*iRooms*” construídas dentro de trailers, ou nos escritórios dos subcontratados. O processo de elaboração dos projetos de instalações elétricas e hidráulicas também é diferente: aqui, quem desenvolve o projeto executivo é o projetista de instalações e o subempreiteiro aplica-o em obra, diferentemente do processo norte americano em que o detalhamento para a execução é feito pelo subcontratado para execução das instalações que se beneficia diretamente do uso do modelo BIM em obra. A característica mais industrializada da construção norte americana possibilita a postergação da entrada de instalações em obra, que também têm um diferente nível de detalhamento, geralmente executado pelo instalador.

É de fundamental importância o conhecimento das peculiaridades do ambiente, das práticas e tecnologias utilizadas no processo de empreendimento construtivo no Brasil e aquelas adotadas em outros países, especialmente naqueles dos quais importamos tecnologia e *know-how*. A percepção clara destas diferenças possibilita a avaliação crítica das soluções propostas em âmbitos internacionais quanto à sua aplicabilidade, inalterada, para o contexto nacional. Nesse particular, especialmente nos interessa as tecnologias e o processo BIM, devido à sua importância e estágio evolutivo inicial.

Esta pesquisa propõe um avanço no que se refere à criação de um espaço destinado à coordenação de projetos BIM no Brasil, procurando entender os aspectos relacionados ao contexto da sala e às necessidades e interfaces dos usuários que irão se beneficiar destas salas no Brasil.

Em razão destes vários aspectos abordados, justifica-se a presente pesquisa, no sentido de afastar os obstáculos existentes para implementação e uso do BIM e centralizar esforços para superá-los e adequá-lo da melhor forma possível aos potenciais e necessários usuários.

1.1.2 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver uma metodologia de avaliação de salas de coordenação de projetos baseados em BIM, contextualizada no setor imobiliário, de forma que se possa atender aos requisitos dos usuários que utilizem o processo BIM em seus projetos.

1.1.3 Objetivos específicos

Para que o objetivo geral seja atingido, serão focados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o processo de comunicação dentro de uma sala de coordenação para levantamento dos requisitos dos usuários;
- Propor critérios e métricas para avaliação de salas de coordenação BIM;
- Validar os critérios e métricas propostos em uso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O foco da revisão de literatura foi identificar e apresentar as experiências que têm sido empregadas para a coordenação de projetos em modo tradicional (baseada em papel) e em processo BIM.

A forma de organização dos espaços físicos onde estas reuniões acontecem bem como o processo de comunicação entre seus participantes também foi objeto de estudo.

2.1 Projeto e o processo de gestão-coordenação de Projetos 2D

Um projeto é um esforço para se atingir um objetivo específico por meio de um conjunto único de tarefas inter-relacionadas e da utilização eficaz de recursos (GIDO; CLEMENTS, 2007). Deve-se tomar cuidado com a nomenclatura adotada, pois no Brasil, o termo projeto é empregado tanto no sentido de *project* (empreendimento para o setor da construção civil) quanto no sentido de concepção técnica (*design*). Neste trabalho será usado o termo projeto para designar o conjunto dos elementos descritivos das soluções técnicas adotadas ou seu processo de desenvolvimento.

A crescente complexidade operacional dos empreendimentos, somada à própria tendência à especialização cada vez maior, gera a necessidade de técnica específica para a condução do projeto (MARQUES, 1979).

Pela característica de multidisciplinaridade do processo de projeto, existe uma lacuna de orientação para cada um dos especialistas segundo um mesmo conjunto de diretrizes, de acordo com os objetivos do cliente e baseada nos critérios de qualidade (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Para preencher esta lacuna, na década de 80, a atividade especializada de coordenação e projetos se sobressai como um suporte ao desenvolvimento do processo de projeto e voltada à integração dos requisitos e às decisões de projeto.

2.1.1 Coordenação de projetos

A coordenação de projetos é uma atividade focada no gerenciamento das questões técnicas, prazo, qualidade, escopo e da tomada de decisão em projeto, para atender

às questões citadas e também à integração, compatibilização entre os mesmos. A coordenação deve ser exercida durante todo o processo de projeto e tem como objetivo fomentar a interatividade na equipe de projeto e melhorar a qualidade dos projetos desenvolvidos. O coordenador de projetos é o principal agente na gestão do processo e tem como principais funções realizar a integração entre os projetistas, controlar as trocas de informações, garantir que o projeto cumpra os prazos e atenda às necessidades dos clientes. Para isso, o coordenador utiliza habilidades administrativas e de liderança para gerenciar equipes multidisciplinares de projetos. Esse processo implica no gerenciamento da comunicação entre todos os envolvidos no projeto de empreendimento, tanto durante as reuniões de coordenação quanto fora delas (MELHADO et al., 2005).

Muitos autores vêm estudando a gestão de projetos há algum tempo (MELHADO,2005; FERREIRA,2001; FABRICIO,2002; CARVALHO,1994; SILVA; SOUZA, 2003), mostrando que a fase de projeto precisa ser planejada e controlada com muita efetividade no sentido de minimizar os efeitos da complexidade e das incertezas. A lacuna do planejamento de projeto resulta na informação insuficiente para resolução das questões em obra, durante a execução. Comunicação falha, documentação inadequada, informação deficiente ou faltante, alocação desequilibrada de recursos, falha na coordenação entre as disciplinas, tomadas de decisão erradas, foram pontuadas como os principais problemas em gerenciamento de projetos (CORNICK, 1991; AUSTIN; BALDWIN; NEWTON, KOSKELA, 1992).

Muitas ações para a melhoria do processo de projeto são influenciadas pela maneira como ele é conceituado e praticado. Segundo Ballard e Koskela (1998), o conceito de gestão se fundamenta no princípio de que o trabalho a ser executado pode ser feito pela subdivisão do todo em partes. Segundo estes autores, este é o conceito mais clássico e amplamente praticado no mercado. Trata-se de se executar o projeto em “baías de conhecimento” isoladas, o que não resulta em atendimento satisfatório ao cliente, pois muitas vezes o projetista não tem a visão do todo do projeto, causando vários tipos de problema, entre eles a falta de integração entre as disciplinas. Desta forma, os requisitos dos clientes vão sendo esquecidos ou negligenciados nas longas sequências de trabalho decorrentes desta visão.

Em contrapartida a esta forma de se pensar o projeto, Melhado (1994) apresenta um modelo conceitual que defende a multidisciplinaridade das soluções de projeto.

Segundo o autor, as decisões de projeto são resultantes de análises e discussões de uma equipe multidisciplinar e devem buscar uma melhor solução global para o empreendimento. Pressupõe-se uma interatividade no processo, com a atividade de coordenação de projetos sendo colocada no centro da atuação da equipe de projetos e todos os demais projetistas devem interagir de forma igualitária.

Para melhor definição do fluxo de trabalho da coordenação de projetos, em 2006, o SECOVI-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo) elaborou um Manual de serviços de coordenação de projetos com o objetivo de definir e detalhar o fluxo de atividades que a coordenação de projetos da indústria imobiliária exige. A atuação da coordenação de projetos nas diversas fases do processo do empreendimento é definida por este Manual como:

“FASE A – CONCEPÇÃO DO PRODUTO

Apoiar o empreendedor nas atividades relativas ao levantamento e definição do conjunto de dados e de informações que objetivam conceituar e caracterizar perfeitamente o partido do produto imobiliário e as restrições que o regem, e definir as características demandadas para os profissionais de projeto a contratar.

FASE B – DEFINIÇÃO DO PRODUTO

Coordenar as atividades necessárias à consolidação do partido do produto imobiliário e dos demais elementos do empreendimento, definindo todas as informações necessárias à verificação da sua viabilidade técnica, física e econômico financeira, assim como à elaboração dos projetos legais.

FASE C – IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES DE PROJETO

Coordenar a conceituação e caracterização claras de todos os elementos do projeto do empreendimento, com as definições de projeto necessárias a todos os agentes nele envolvidos, resultando em um projeto com soluções para as interferências entre sistemas e todas as suas interfaces resolvidas, de modo a subsidiar a análise de métodos construtivos e a estimativa de custos e prazos de execução.

FASE D – DETALHAMENTO DE PROJETOS

Coordenar o desenvolvimento do detalhamento de todos os elementos de projeto do empreendimento, de modo a gerar um conjunto de documentos suficientes para perfeita caracterização das obras e serviços a serem executados, possibilitando a avaliação dos custos, métodos construtivos e prazos de execução.

FASE E – PÓS-ENTREGA DE PROJETOS

Garantir a plena compreensão e utilização das informações de projeto e a sua correta aplicação e avaliar o desempenho do projeto em execução.

FASE F – PÓS-ENTREGA DA OBRA

Coordenar o processo de avaliação e retroalimentação do processo de projeto, envolvendo os diversos agentes do empreendimento e gerando ações para melhoria em todos os níveis e atividades”

Normas técnicas como NBR ISO10006:2006 também colaboram para a regulamentação da qualidade do trabalho da coordenação de projetos. A Norma entende que a coordenação de projetos é um processo contínuo composto por planejamento, organização, supervisão e controle de todos os aspectos do projeto para alcançar seus objetivos. Uma ação sobre qualquer um destes processos normalmente afeta outros. O gerenciamento global das interdependências entre os processos do Projeto é de responsabilidade do gerente do Projeto. Os processos de gerenciamento das interdependências são os seguintes de acordo com a Norma NBR ISO 10006:2006:

- Iniciação do projeto e desenvolvimento do plano do projeto: avaliação das necessidades do cliente e outras partes interessadas, preparação de um plano do projeto e início de outros processos;
- Gerenciamento das interações: gerenciamento das interações durante o projeto;
- Gerenciamento de alterações e configuração: antecipação a alterações e gerenciamento destas ao longo de todos os processos;
- Encerramento: processos de encerramento e obtenção de retroalimentação.

2.1.2 Compatibilização de projetos

Alguns conceitos são distintos e necessitam ser esclarecidos. A compatibilização de projetos é um trabalho de cunho técnico que procura resolver todas as interfaces e incompatibilidades entre subsistemas do projeto, dentro das restrições de arquitetura, estrutura e funcionalidade dos sistemas, considerando as questões de construtibilidade, operação e manutenção (KORMAN; TATUM, 2000). Como o processo de projeto tem na maioria das vezes lacunas de compartilhamento de informações, por consequência as interfaces podem ser incompatíveis. A coordenação de projetos trata-se de um trabalho de gestão de prazos, escopo, qualidade, análise de valor sobre a tomada de decisão em projeto.

No entanto, alguns autores consideram a coordenação e compatibilização como atividades da mesma natureza (PICORAL, 2002; RODRÍGUEZ, 2005). Há também divergências entre os autores sobre o agente que faz esta compatibilização. A compatibilização deve ser um processo iniciado com o próprio gerador de seu projeto que é o projetista (SILVA; SOUZA, 2003). A coordenação deve gerenciar este processo porém, na prática, devido à complexidade entre as inúmeras interfaces entre os subsistemas dos projetos, os mesmos necessitam ser verificados por um só elemento. Este pode ser o próprio coordenador do projeto e por isso algumas vezes acaba-se por confundir as funções de coordenação e compatibilização.

A maneira de se fazer a compatibilização dos projetos vem evoluindo. Korman e Tatum (2000) descreveram que, em geral, e especialmente os subcontratados executam esta tarefa pela comparação preliminar das sequências dos sistemas hidráulicos, elétricos e outros e usam uma mesa de luz para sobrepor várias camadas de desenhos. Segundo os autores, este é um trabalho lento e caro e que demanda muita experiência dos envolvidos em todas as disciplinas, em obra e nas fases de implementação no canteiro e que, na época, havia pouca literatura sobre o tema. Com o avanço da tecnologia e softwares o uso de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) passou a substituir as mesas de luz na sobreposição de desenhos. No entanto, esse processo não alterou substancialmente o método (SANTOS, FERREIRA; 2008). Segundo esses autores a terminologia norte americana utiliza o termo “coordination” significando as atividades relativas às interferências físicas ou conceituais focadas nos sistemas a serem instalados na edificação. Os autores preferem chamar estas ações como “análise de interferências/ compatibilização”, deixando o termo “coordenação” para um sentido mais global que além de incluir a compatibilização também inclui o gerenciamento e harmonização das atividades de todas as especialidades de projetos contratadas bem como outras partes interessadas no projeto. A sistemática de trabalho americana pressupõe o desenvolvimento dos projetos executivos em obra por subcontratados que fazem esta atividade de compatibilização que na realidade chamam de *Design Coordination* (STAUB-FRENCH; KHANZODE, 2007). No caso da coordenação - gestão de projetos, a terminologia mais utilizada é *Design Management* (BIBBY; BOUCHLAGHEM; AUSTIN, 2006). Os termos a serem aplicados no presente trabalho são coordenação de projetos e compatibilização de projetos.

2.1.3 Reunião de coordenação de projetos

O que é uma reunião? De acordo com Ferreira (2010), reunião é um agrupamento de pessoas para tratar de qualquer assunto, é um encontro. Reuniões geralmente são originadas da necessidade de se resolver algum problema específico, fazer um *brainstorm* para identificar alternativas ou discorrer sobre qual decisão a ser tomada (HAGEN; SANDNES, 2012). Para as reuniões de projeto, os participantes geralmente trazem seu arsenal pessoal de ferramentas como papéis, canetas, laptops, organizadores pessoais eletrônicos. A informação é compartilhada de diversas formas, usando papéis impressos, quadros brancos, projeções de parede, grandes monitores permitindo que todos os participantes possam ver as imagens, textos e slides. Em geral, a maioria dos espaços de projeto atualmente são estruturados por uma interação entre pessoas e computadores (FOX et al.,2000). As pessoas interagem entre elas e com a informação através de meio eletrônico, digital, mesmo que estejam em contato presencial. Por outro lado, em espaços não computadorizados, as pessoas interagem em um ambiente que abrange informação de várias fontes, tais como papel impresso, quadros brancos, maquetes relatórios impressos e outros. A evolução destes espaços mostrou que eles se especializaram em aplicativos específicos para atender a tarefas específicas em salas de reunião (FOX et al.,2000). O principal objetivo de se fazer uma reunião de coordenação de projetos é a troca de informações e a tomada de decisão sobre as questões do projeto (LISTON; FISCHER; KUNZ, 2000). Outras atividades que ocorrem em uma reunião de coordenação de projetos também incluem:

- Conversar e trocar ideias sobre produto, técnica, construtibilidade, prazos de projeto, obra e custos do projeto como um todo;
- Registrar as tomadas de decisões, tais como anotações em folhas de projeto, em atas de reunião, em planilhas, memoriais descritivos, imagens de vendas e outros;
- Acessar informações dos demais projetistas;
- Discutir e tomar decisões sobre interferências encontradas nos projetos;
- Validar soluções adotadas;
- Contatar pessoas;

Em geral, as reuniões são feitas de acordo com as etapas de projeto (NBR13532:1995) ou em qualquer momento que seja necessária a discussão de um

problema específico, por exemplo, tratar da contenção em relação a um terreno vizinho.

2.1.4 Tipos de reuniões de coordenação: física ou virtual

As reuniões de coordenação de projeto podem ocorrer basicamente de duas formas: presencial ou virtual. O presente trabalho enfoca as reuniões de caráter presencial. No entanto, não se pode excluir a forma virtual que ainda contém algumas lacunas. O alcance da comunicação via internet é muito mais amplo e rápido que o da conversação face-a-face, portanto pode-se considerar que os quesitos praticidade e agilidade são bem maiores quando se considera a interface de reuniões *online*. No entanto, a instabilidade do meio de transporte “rede” pode prejudicar esta comunicação além da resolução de câmeras e fatores externos à vídeo conferência que podem atrapalhar a comunicação. No caso de uma reunião de coordenação de projeto, pode inviabilizá-la por definitivo. Reuniões executadas pela Web podem deixar escapar informações importantes sobre o projeto, como detalhes que o projetista queira demonstrar mas que pelas limitações do meio não se faça entender. Apesar de virtualmente conseguirmos falar com um maior número de pessoas ao mesmo tempo e também assuntos diferentes, algumas ações são impossíveis, como o toque físico e a capacidade de perceber as reações imediatas dos outros seres (comunicação não verbal ou linguagem corporal). As reuniões não presenciais são bastante proveitosas para discussões de alinhamento que não são tão estratégicas. As reuniões *online* têm um contato mais frio e por isso tendem a ser mais rápidas e produtivas. O teste prévio dos equipamentos a serem utilizados em uma reunião via web, tais como computador, headphones, ligação via internet, interfaces de softwares de comunicação devem ser feitos com antecedência, o que exige uma preparação de todos para este tipo de reunião. A expressão da fala também deve ser pausada, de modo que os interlocutores ouçam corretamente, deve-se evitar muitos movimentos e todos devem olhar para a câmera, o que pode tirar o foco da análise do projeto em si (MANO,2015).

Uma pesquisa desenvolvida pela empresa Oxford Properties (2009) indicou que 57% das pessoas que trabalham apresentam atitudes mais colaborativas em relação a tempos passados e que apesar desta comunicação e interação poder ser virtual o

escritório físico ainda é uma realidade que não irá terminar. As justificativas para este fato dizem respeito à tecnologia que o ambiente físico colaborativo contém, além de pessoas e cultura com o foco no resultado dos negócios. Os autores colocam que todas as equipes das mais variadas tipologias e faixas etárias podem estar juntas e trocar experiências no espaço físico.

Pelo histórico e experiência da autora sobre reuniões de coordenação *online*, os grandes fatores limitantes observados foram:

- Falta de infraestrutura de rede;
- Falta de interatividade imediata em casos de consulta de documentos ou plantas;
- Limitação de visualização da outra pessoa devido ao tamanho da tela;
- Impossibilidade de se enxergar o espaço físico com um todo em que as outras pessoas se encontram;
- As equipes de projeto não são compostas pelas mesmas especialidades, o que demanda um número de participantes em reunião ainda grande e com maior complexidade de gerenciamento via rede (ou seja, todos acessarem um software de comunicação e todos estarem confortáveis e com boa comunicação ao mesmo tempo).

Em trabalho referencial bastante importante para a presente dissertação, Leicht e Messner (2009) fazem um estudo exploratório nos países escandinavos sobre as mídias físicas em uso com projetos em BIM. Este trabalho abordou a implementação do uso do BIM com novos usos de mídias, modalidades e necessidades. Os principais achados do estudo indicaram através de entrevistas com os usuários, que as atividades colaborativas, mesmo quando usando BIM, eram mais eficazes quando havia comunicação face-a-face.

O grau de colaboração entre projeto colaborativo remoto e colaboração presencial auxiliada por interface de usuário tangível (quando a pessoa interage com a informação digital através de um meio físico) foi analisado por Gu; Kim e Maher (2011). Como resultado, as interações no processo de projeto ocorreram em 69% nas relações face-a-face enquanto que nas relações virtuais em 34%. Mesmo o autor considerando que ambos os meios permitem a comunicação e interação no processo de projeto, o meio virtual ainda está em desvantagem.

Outros autores pesquisaram as duas formas de trabalho, presencial e virtual em conjunto com o objetivo de medir o grau de entendimento das questões dos projetos

em cada uma delas (MCGRATH,1984; FRUCHTER, 2001; WILLIAMS,1977; WIGDOR et al.,2009).

Levando-se em consideração as diversas razões apresentadas acima, as reuniões analisadas neste trabalho levaram em consideração a interação presencial. Além das justificativas já levantadas pode-se considerar também:

- Necessidade de posicionamento olho no olho (atitude sem substituição);
- Baixa latência de resposta: é importante para o bom desenvolvimento do projeto;
- Culturalmente é mais aceito;
- Muitos não têm familiaridade com tecnologias digitais de comunicação;
- A interatividade é a maior que se pode esperar;
- A infraestrutura de comunicação ainda não é amplamente disponível;
- A existência da comunicação não verbal (leitura nas entrelinhas);
- Criação de vínculos para se obter a cooperação dos outros;
- Conscientização, percepção, sentido do ambiente compartilhado (*shared environment awareness*);
- Maior possibilidade de interferir no processo de comunicação.

Para alguns especialistas na área de liderança corporativa, presencialmente as pessoas conseguem discutir assuntos com mais tranquilidade, expor seus pontos de vista de forma mais assertiva (PRATES, 2011) Ele acredita que as reuniões presenciais são uma boa alternativa para situações nas quais não há muita intimidade e por isso há a necessidade de uma maior empatia entre os integrantes para se atingir os objetivos. Alguns cuidados devem ser tomados nas reuniões presenciais, pois da mesma forma que propiciam uma comunicação mais aprimorada, os integrantes da reunião podem perder o foco e a objetividade.

As reuniões de coordenação e projeto, por tratarem de assuntos multidisciplinares, têm conteúdo estratégico e por isso podem ser mais produtivas presencialmente. O tipo de relacionamento envolvido em uma reunião como esta é focado no compartilhamento e aprendizagem entre as questões. Este fato é diferente de conversas rápidas focadas em resolução de problemas. Também necessitam muitas vezes de análise formal e funcional, envolvendo discussões de uso e ocupação dos espaços. Discussões complexas que muitas vezes exigem o contato face-a-face. A troca de experiências “in loco” e a percepção da sensibilidade necessária ao

tratamento de problemas levantados favorecem os resultados e a tomada de decisão em projeto.

A comunicação não verbal também é um ponto importante a ser considerado nas reuniões face-a-face, pois o processo de comunicação é impactado por outras variáveis além da fala, como postura corporal e expressão facial, que são sinais tão ou mais importantes que o conteúdo, pois facilitam o relacionamento e permitem que rapidamente se perceba a reação do interlocutor. Nas expressões corporais podemos ver confiança, empatia, discordância, medo, simpatia ou sinceridade. Isso permite ao coordenador do projeto um melhor controle sobre as definições e sobre a reunião como um todo.

Em reuniões de coordenação de projetos os diferentes projetistas que representam as especialidades terão que negociar, tomar decisões. Esta ação de negociar deve ser feita “olho no olho”. As reuniões presenciais permitem que os projetistas e clientes possam se integrar mais e portanto passar as informações com maior qualidade e compreensão. Este tipo de reunião permite aos projetistas que consolidem vínculos e que possam travar um tipo de diálogo mais humanizado que os torna únicos e interessantes.

Quando os especialistas se encontram em um espaço dedicado a fazer uma reunião de projetos muitas variáveis estão disponíveis no espaço a serem observadas e que podem ser motivo de um assunto inicial de reunião para se fazer um aquecimento prévio. Ou seja, desde o ambiente até a imagem das pessoas podem ser motivos de uma conversa prévia a reunião, que seria uma forma de “quebrar o gelo” e preparar e estimular a equipe para o desafio da reunião.

Os projetos têm clientes. É importante ao cliente ter um lugar fixo onde possa discutir as questões do projeto com os projetistas e o coordenador de projetos. Desta forma, ter uma sala de coordenação com equipamentos focados nesta tarefa pode demonstrar ao cliente que a equipe está apta e equipada tecnicamente para a resolução dos problemas de seu projeto.

Espaços físicos para reuniões proporcionam facilidade para a percepção de outros membros da equipe. Quando membros de uma equipe estão em uma sala de reunião ao mesmo tempo, eles veem, além das ações dos demais, também as alterações imediatas que ocorrem na sala com os equipamentos e documentos que dão suporte ao desenvolvimento do projeto (ROSEMAN; GREENBERG,1996). Além disso são

lugares onde se pode organizar o trabalho, encontros presenciais, trabalhar em tarefas individuais ou coletivas, armazenar equipamentos para se trabalhar nos projetos e as próprias informações do projeto. Além destas características, os espaços físicos de reuniões também promovem um ponto de encontro para comunicação. A comunicação entre as pessoas dentro de um espaço é concedida, uma vez que as pessoas podem ver uns aos outros e conversar.

Em contraposição ao espaço físico de reuniões, Fruchter (2001) analisa os desafios e impactos da tecnologia da informação sobre espaços onde o conteúdo é criado e compartilhado, e que também tem aspectos cognitivos, comportamentais e sociais de trabalho, aprendizagem e comportamento das pessoas. O estudo feito por Frutcher (2006) mostra a interseção entre os espaços físicos enriquecidos com conteúdo de arquivos eletrônicos, vídeo e os “bits” uma nova forma que as pessoas têm em se comunicar usando tecnologia da informação, realidade aumentada e interação. De acordo com a autora, a hipótese é que qualquer tecnologia nova que envolva informação e colaboração repensará e alterará:

- O projeto dos espaços onde as pessoas trabalham e aprendem;
- A representação do conteúdo em termos de mídia, inter-relação entre as mídias, evolução do conteúdo no tempo;
- A interação entre as pessoas em termos de comportamento individual, interação dinâmica e novos protocolos de comunicação, processo de colaboração, relação entre as pessoas e a facilidade de entender o novo espaço e interagir com o conteúdo.

Entende-se portanto, a escolha do estudo presente sobre a sala de coordenação de projetos física, enfocando as necessidades de interação dos projetistas, clientes e construtores em um espaço perceptivo, com reuniões de baixa latência e muito interatividade interpessoal para definição das questões estratégicas dos projetos.

2.1.5 O leiaute da sala de coordenação de projetos

Leiaute no âmbito de salas de reunião quer dizer “arranjo físico”, modo como elementos estão organizados dentro de certo limite (JO; GERO, 1996). Estes elementos podem ser pessoas, equipamentos e mobiliário contidos em um certo espaço físico com infraestrutura adequada. Atualmente equipes de projeto tipicamente

trabalham em espaços físicos de salas de reunião para análise dos projetos e tomadas de decisão. Apesar da maioria da informação ser produzida eletronicamente e ter natureza visual, as equipes ainda trabalham sobre análise em projetos em papel, trocando informações escritas ou desenhadas localmente. A infraestrutura e leiaute destas salas de reunião variam em função do espaço disponível, mas geralmente é composta pelos mesmos elementos básicos como cadeiras, mesas de apoio, computadores de uso pessoal. Às vezes, incluem um aparelho de televisão ou uma tela comum com projetor de vídeo. Os itens de conforto como iluminação, ar condicionado e acústico nem sempre estão totalmente atendidos, principalmente quando estas salas se encontram nos canteiros de obras.

O foco deste trabalho está direcionado ao estudo de reuniões face-a-face, procurando enfatizar a resolução dos problemas, decisões de projeto e a diminuição do período de latência entre os participantes das reuniões. Nos últimos vinte anos, o formato dos espaços de reunião vem se modificando. Esta alteração pode ser explicada tanto pelo acesso a novas tecnologias como pela forma de projetar, passando das formas tradicionais de projeto em 2D para formas tridimensionais paramétricas orientadas ao objeto.

Os passos para o planejamento das características que um espaço interativo deva ter foram apontados em vários trabalhos (LEICHT; MESSNER, 2009; DENNIS; FULLER; VALACICH, 2008):

1. Identificar os objetivos do projeto e da obra (criar, integrar, examinar, focar);
2. Identificar as saídas e o processo prescrito (forma de organização da equipe para conseguir o resultado);
3. Através das saídas identificadas (metas da reunião) usar um meio ambiente de alta ou baixa sincronicidade;
4. Identificar quais são os fatores fundamentais mais importantes (*MST-Media Synchronicity Theory*) que podem ser: Urgência - rapidez ou latência de feedback das informações; Variedade de simbolismo - formas utilizadas para passar a informação; Paralelismo - número de canais sob os quais a informação é transmitida; Capacidade de refinar a mensagem antes dela ser transmitida; Reprocessamento - tempo ou habilidade para revisar e deliberar sobre uma mensagem transmitida;

5. Identificar quais as características devem ser planejadas para o espaço interativo: artefatos, sistemas de display, interação dos sistemas, acesso ou arquitetura do espaço (ISSA et al., 2007).

Leicht e Messner(2009) pesquisaram 24 equipes de estudantes de projeto no *ICon Lab* da *Penn State University*, onde estas reuniões foram gravadas em vídeo e analisadas para identificar diferenças no uso da infraestrutura e no comportamento das equipes enquanto completavam sua tarefa de projeto. Após a experiência, os grupos também respondiam a um questionário para identificar a percepção do usuário no espaço enquanto desenvolviam a tarefa. Segundo os autores, enquanto a disponibilidade de ferramentas de informação e comunicação (TIC) estão ampliando e criando maior e mais rápida disponibilidade de recursos e comunicação, elas também estão mudando constantemente e adicionando um outro nível de preocupação quando o enfoque é a solução de problemas ou desenvolvimento de projetos. Para se planejar o uso de um espaço de trabalho interativo, primeiro é necessário entender os componentes comuns a serem planejados para cobrir a gama de necessidades dos usuários. Issa et al.(2006) exploraram as características gerais de espaços interativos e identificaram oportunidades para implementar o processo de tomada de decisão nestes ambientes. Os resultados desta pesquisa mostram as experiências de usuários imaturos tecnologicamente interagindo com um espaço colaborativo. Apesar de ainda estudantes, 50% deles identificaram que a característica mais importante de um espaço de coordenação de projetos é a habilidade em compartilhar os mesmos dados entre os usuários da sala em uma grande tela.

Segundo Leicht e Messner (2009), o leiaute de um espaço interativo deve considerar cinco características que podem variar e implementar valor:

- Modelos tridimensionais: BIM;
- Sistema de visualização: telas;
- Sistemas de interação: mouse, teclados, dispositivos sensíveis ao toque;
- Acesso remoto à informação e a outras equipes;
- Arquitetura do espaço de trabalho.

No entanto, deve-se tomar cuidado com as interações multimodais. Algumas pesquisas recentes sobre a interação multimodal mostraram que quando as pessoas estão envolvidas com problemas mais complexos, a mudança para o uso de mais de

um modo de interação pode espalhar a carga cognitiva para outras áreas do cérebro e tirá-las a concentração sobre a questão em si. (OVIATT; COULSTON; LUSFORD, 2004). Para Leicht (2009), a forma, leiaute e itens físicos como mobiliário, níveis de conforto ambiental, e habilidade de uso do espaço do ponto de vista humano compõem as principais características físicas de um espaço interativo e devem ser consideradas ao se planejar um. O uso de diferentes leiautes e configurações irá auxiliar equipes de diferentes tamanhos, tarefas e permitir a visualização das diferentes mídias físicas no espaço. O uso de uma infraestrutura eletrônica necessária em um espaço interativo deverá ser planejado em conjunto com a iluminação, sistemas de ventilação e ar condicionado e conforto acústico para que as equipes tenham conforto ao trabalhar. A configuração do leiaute irá influenciar como elementos individuais da equipe irão interagir com os demais, discutir as informações ou serem capazes de utilizar a mídia física disponível naquele espaço. O resultado deste estudo mostrou que a utilização de múltiplos PC *tablets* compartilhados em várias telas de grandes dimensões são mais eficazes na interação da equipe para atingir os objetivos da tarefa, do que uma única tela interativa. O uso de múltiplas telas permite maior paralelismo e a capacidade de deliberação e reprocessamento, com feedback mais rápido.

2.2 Coordenação de projetos e Modelagem da Informação da Construção (BIM)

Modelagem da Informação da Construção (BIM) é um processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Esse modelo, além da geometria da construção, contém numerosas informações sobre seus diferentes aspectos, podendo abranger todas as disciplinas envolvidas em um empreendimento (SANTOS, 2012).

O documento mais antigo de que se tem conhecimento e que traz os primeiros conceitos de BIM foi um artigo publicado no extinto *AIA*¹ *Journal* em 1975 por Charles M. Eastman (EASTMAN et al., 2008) que definia alguns conceitos isolados como interatividade de elementos nos projetos, atualização automática de desenhos, consistência de dados em projetos, geração simplificada de estimativa de custos, verificação de regras e preceitos em projetos, e facilidades e vantagens no

---

¹ American Institute of Architects

planejamento dos edifícios. Os autores definem BIM como uma tecnologia de modelagem associada a uma série de processos para produzir, comunicar e analisar modelos digitais de edificações. Pesquisadores vêm investigando os componentes e repercussões dos produtos de modelagem dos edifícios antes de colocar o acrônimo BIM como um novo termo (SUCCAR, 2008). Para Succar (2008), BIM é uma tecnologia emergente e representa uma mudança processual dentro da arquitetura, engenharia, construção e operações.

A *General Services Administration* (GSA, 2007) define BIM como o processo de desenvolvimento do uso de softwares modeladores de dados não apenas para documentar os projetos, mas para simular a construção e a operação de um novo edifício ou de sua recuperação. O modelo resultante é uma Modelagem da Informação da Construção, rica em dados, baseada em objetos, inteligente e com representação digital paramétrica, com vistas apropriadas para diferentes usuários, que podem extrair e analisar as informações e fornecer retroalimentação para a melhoria do edifício.

Com o BIM, o foco mudou de desenhos (documentação orientada para a representação 2D), e maquetes eletrônicas de projetos (visualizações em perspectiva), para um modelo centralizador de dados propriamente dito. Um modelo de construção produzido com BIM pode ser definido como o que ele contém (que objetos ele descreve) ou suas capacidades (que tipo de informação e requisitos ele pode conter). Estes modelos são caracterizados por:

- Componentes da construção representados digitalmente como objetos inteligentes que podem ser associados a dados, atributos e regras paramétricas;
- Componentes que contêm dados que descrevem como eles se comportam;
- Dados consistentes e não redundantes;
- Dados coordenados.

A Modelagem da Informação da Construção depende de certas tecnologias e ferramentas para que possa se viabilizar. Envolve a criação, uso e atualização de um modelo de informação durante todo o ciclo de vida da construção.

De acordo com o *National Building Information Modeling Standard* (NIBS, 2007), o BIM pode ser entendido em três níveis:

- Como um produto,
- Como uma ferramenta (sistemas/software);

- Como um processo.

O mais importante dentro do foco deste trabalho é entender que o processo BIM está presente em todo o ciclo de vida de uma edificação, ou seja, desde a concepção, passando por projeto, planejamento, construção, operação e manutenção, até o *retrofit* e demolição. O recorte deste trabalho está focado no uso do BIM na fase de projeto, mais especificamente, na fase de gerenciamento dos projetos pré-obra. Conforme Gu e London (2010), BIM envolve a aplicação e manutenção de um modelo digital integrado de todas as informações da construção em diferentes fases do ciclo de vida do empreendimento em forma de um repositório de dados, incluindo informações geométricas e não geométricas. A adoção do BIM exige mudanças na prática do trabalho atual, pois o desenvolvimento de um modelo integrado requer alta colaboração e comunicação entre as disciplinas. Processos padronizados e protocolos serão necessários para definição de responsabilidades e condução da revisão e validação do projeto, assim como boas práticas serão necessárias para que o gerenciamento dos dados seja adequado à estrutura da equipe e aos requisitos do projeto.

A modelagem da construção no Brasil ainda se encontra no estágio 1: Modelagem baseada no objeto, conforme nível de maturidade BIM definido por Succar (2008). De acordo com este autor, o segundo estágio de maturidade é o de colaboração (baseado no modelo) e o terceiro de integração (baseado na rede de trabalho).

O trabalho definido por Leicht e Messner (2009) enfoca as atividades em BIM dentro da sala interativa de projetos como colaborativo. No caso do desenvolvimento de projetos no Brasil, a etapa colaborativa ainda não foi alcançada em sua plenitude. Principalmente na área de projetos imobiliários, foco deste trabalho, o sistema de contratação de projetos não é por meta e sim individual. O esforço entre as equipes, apesar de existir ainda não é suficiente para um trabalho colaborativo, sendo que um dos principais impedimentos é o próprio sistema de contratação (ADDOR; SANTOS, 2013).

2.2.1 Espaços interativos para reuniões de projeto em BIM

Espaços interativos (*iRoom*) foram caracterizados por Johanson, Fox e Winogard (2002) como tendo algumas características específicas e sendo apoiado por uma infraestrutura particular. Algumas das características são:

- **Heterogeneidade:** uma variedade de diferentes dispositivos (PDAs, estações de trabalho, laptops, etc.) estarão em uso no espaço de trabalho, cada um escolhido para sua eficácia no cumprimento de alguma tarefa específica. Haverá também vários softwares heterogêneos que funcionam nesses dispositivos, incluindo tanto os existentes quanto os aplicativos construídos sob encomenda. Tudo isso precisa ser acessível de uma maneira padrão para que o usuário possa tratá-los como um conjunto uniforme. Isto significa que qualquer estrutura de software deve fornecer suporte multi-plataforma. Do ponto de vista da interação humano computador, as interfaces precisam ser personalizadas para diferentes tamanhos de telas e, possivelmente, diferentes modalidades de entrada / saída, como fala e voz;
- **Multiciplidade:** ao contrário de um PC padrão, onde um único usuário e um conjunto de dispositivos de entrada e de saída proporcionam interação com a máquina, um espaço de trabalho interativo por sua natureza tem vários usuários, dispositivos e aplicações simultaneamente ativos;
- **Dinamismo:** espaços de trabalho interativos são dinâmicos. Em curtos espaços de tempo, dispositivos individuais podem ser desligados, dispositivos entram na sala, e peças de equipamento podem quebrar por períodos de minutos, horas ou dias. No prazo mais longo, espaços de trabalho irão evoluir ao invés de serem concebidos de forma coerente e engessada. Dentro destes aspectos, espaços interativos só serão instalados se realmente funcionarem. Falhas devem ser antecipadas como um caso comum, em vez de exceções, e o sistema deve prover rápido restabelecimento, ou automaticamente ou através de manual para os usuários.

Espaços interativos nem sempre são colaborativos. A colaboração, segundo Ferreira (2010) e Merriam-Webster (2014), é um trabalho comum com uma ou mais pessoas no sentido da cooperação. Os espaços colaborativos geralmente são interconectados sendo que os participantes podem estar locados remotamente. Este meio deve ser suportado por comunicação eletrônica e infraestrutura de rede entre todos os

participantes para que possa ser capaz de conectá-los ao mesmo tempo em espaços diferentes.

A presente pesquisa destina-se à observação de espaços interativos fixos, também chamados de *iRooms* e observa o processo de coordenação de um projeto dentro da sala de coordenação de projetos em BIM. Uma referência neste tipo de abordagem são os pesquisadores do CIFE na Universidade Stanford que vem se dedicando ao estudo de salas colaborativas e interativas de projetos há mais de vinte anos. O CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) foi um ambiente criado dentro da Universidade para pesquisa sobre a colaboração em projetos dentro de uma sala. O objetivo deste projeto foi a investigação da “fluida interação humana” com telas de grandes dimensões e resolução que pudessem ser incorporadas em ambientes onipresentes para dar apoio ao uso realístico interativo (FRUTCHER et al.; 2007; LISTON; FISCHER; KUNZ, 2000). É uma plataforma que fornece aos usuários uma estrutura para visualização e manipulação de informações utilizadas durante a fase de projeto (FISCHER et al., 2002). As pesquisas desenvolvidas nesta área foram no sentido de definir e evoluir novos caminhos para interação entre as equipes de projeto e para visualização das informações do projeto de forma a facilitar a rápida e efetiva tomada de decisão em projeto (LEICHT, 2009; GOLPARVAR-FARD et al., 2006; FISCHER et al., 2002; SCHREYER et al., 2002). As pesquisas desenvolvidas em Stanford foram feitas sobre modelos tridimensionais baseados em processo BIM e tinham como principais questões identificar como poderiam melhorar o fluxo de informações dentro da sala de forma que a equipe ficasse mais focada em decidir o projeto do que ficar tentando descrevê-lo. Chegaram a algumas conclusões de que o espaço para coordenação de projetos deveria dar suporte a alguns requisitos como:

- Tarefas descritivas;
- Tarefas explanativas;
- Tarefas de avaliação;
- Tarefas de previsão.

As primeiras salas de coordenação projetadas em Stanford atenderam somente a parte destes requisitos: visualização e interatividade com as informações de forma direta e intuitiva (FRUCHTER, 2006). No entanto, verificaram que ainda precisavam levar em consideração questões como ferramentas padronizadas para atender a uma variedade de dados de projetos, técnicas de visualização para relacionar pontos de

vista e informações sobre os projetos, técnicas de interação para navegar nos detalhes dos projetos. Sendo que a principal meta destas pesquisas era fornecer habilidades à equipe de projeto para tomar as decisões críticas nos projetos. Outro exemplo de espaço interativo de projetos é o *ICon Lab* na Universidade *Penn State*, Pensilvânia (Laboratório de Construção Imersiva), que contém uma tela de projeção imersiva, onde os usuários utilizam óculos 3D para visualização e imersão no projeto. Esta sala é utilizada para análises de projetos 3D e 4D e os modelos podem ser projetados em escala real. A proposta deste laboratório é de facilitar o efetivo uso das técnicas em realidade virtual com aplicação em projeto, obra e outras etapas (GOPINATH, 2004). Outro exemplo é o *Virtual Project Room* da Universidade de Tecnologia de Helsinky, Departamento de Ciências e Engenharia, que desenvolveu um guia para construção de um espaço de trabalho compartilhado. Este ambiente virtual integra um sistema de som envolvente com a exibição visual, sendo capaz de posicionar as fontes de som em qualquer lugar no espaço 3D com um sistema de renderização de modelos (HIIPAAKA et al., 2001). A sala virtual ainda usa um display multi-tela para fornecer a informação visual para o usuário sobre o protótipo virtual e com recursos que acrescentam sinais de áudio para aumentar a sensação de imersão no modelo. A conclusão deste trabalho é que o ambiente virtual para discussão de projetos não é ainda ideal acusticamente, mas que com tratamentos e cuidados específicos este quesito pode melhorar muito nestes ambientes imersivos. Outros exemplos de espaços interativos criados nas Universidades para estudo incluem *The State of the Art Interactive Workspace* na Universidade *British Columbia*, e o *The Interactive Collaboration Laboratory (ICL)* na Universidade de *New Brunswick* (UNB) e *i-LAND* criado na *German National Research Center for Information Technology* (STREITZ et al., 1999) Estes ambientes provaram ter sucesso desde seu início e tem sido utilizados em diferentes formas para atender às diferentes necessidades da grande variedade de profissionais acadêmicos no campo da arquitetura e engenharia (ISSA et al., 2007).

O espaço deve se adequar para atendimento da necessidade de se visualizar um modelo tridimensional, recombinação o mobiliário com os equipamentos de computação em um espaço bastante flexível. Mesmo que os ambientes sejam colaborativos, devem proporcionar infraestrutura para trabalhos individuais (como pesquisar algo de interesse na internet, ou tomar notas pessoais) e o papel não deve

ser excluído da sala. Estes ambientes requerem um *setup* tecnológico diferenciado do que usualmente se encontra em salas de reuniões para projeto (STREITZ et al., 1999). Segundo os autores, os princípios da orientação de projeto de sistemas focado no usuário e na tarefa não são suficientes. Tem-se que informar àqueles que concebem o sistema sobre os requisitos dos grupos. Por isso a importância em se conduzir estudos focados na investigação da situação corrente dos grupos de trabalho e nos requisitos em salas de interativas de trabalho.

2.2.2 Necessidades dos usuários e dispositivos na sala de coordenação de projetos

Na metodologia proposta por Leicht e Messner (2009) para a definição de uma infraestrutura para espaços interativos pôde-se observar alguns procedimentos. Em primeiro lugar, o autor definiu quais eram as tarefas colaborativas a serem executadas na sala e após determinou a função colaborativa que cada elemento da equipe deveria desempenhar. Com esse processo definido, determinou-se quais eram as necessidades de comunicação para suportar este processo de colaboração (necessidades de mídias sincronizadas). Com a seleção de mídias para atender à tarefa selecionada de maneira sincronizada, conseguiu-se determinar as características da sala interativa de projeto. Os autores determinaram uma tabela onde se relaciona a fase do projeto com os objetivos a serem tratados em reunião, os participantes e a utilização do modelo tridimensional. Esta metodologia foi em parte replicada neste trabalho. Juntamente com o tipo de mídia que é utilizado para comunicação, o modo de interação entre os envolvidos desempenha um papel importante na percepção ou memória. Um simples telão faz diferença no engajamento e atenção dos participantes da reunião (LEICHT; MESSNER, 2009).

A interação do usuário com os protótipos virtuais tem crescido em relação às ferramentas tradicionais de CAD, embora o uso de três dimensões adicione um nível de complexidade. O sistema na Universidade *Penn State*, por exemplo, usa um mouse 3D para permitir que o usuário faça apontamentos visuais e seleções dentro do ambiente virtual, mas este sistema ainda se concentra em acompanhamento e interação para um único usuário.

Interação intuitiva refere-se à capacidade de o usuário compreender a forma de utilizar o dispositivo interativo para manipular protótipos virtuais ou outro conteúdo digital. Um dos usos mais comuns observados em ambientes AEC são ferramentas baseadas em caneta para desenhar ou escrever. O *iRoom* na Universidade de Stanford utilizava três grandes quadros interativos com telas sensíveis ao toque para que os usuários pudessem interagir diretamente e escrever sobre a imagem digital projetada, com a capacidade de transporte de informações entre as três telas (FISCHER et al., 2002). Atualmente, o *iRoom* conta com mais de dez *Smartboards* em sua 3ª geração. Ainda conta com duas salas anexas menores que contém além de *Smartboards*, mesas *touch screen*, de acordo com visita da autora no local.

Da mesma forma, o *Icon Lab (Immersive Construction Lab)* na Universidade *Penn State* tem um conjunto de *tablet* PCs que estão ligados ao sistema de exibição e que permite aos usuários desenhar e escrever através da interface do *tablet* (LEICHT; MESSNER, 2009). Segundo os autores, embora o uso de canetas seja intuitivo para a maioria das pessoas que escrevem ou fazem um esboço, a interação do lado do software ainda está centrada em torno de interação 2D e ainda é um desafio para incorporar conteúdo 3D.

Além da informação visual, que pode ser vista ou capturada com ferramentas tais como os dispositivos de interface com base em caneta, é também possível capturar e utilizar informação oral. O trabalho de Fruchter (2006) na Universidade Stanford acrescenta informações importantes no uso da sala interativa de projetos na medida em que cria três zonas de trabalho dentro da sala: a zona de ação, zona de reflexão e zona de observação. A análise evidenciou o efeito da localização da tecnologia de colaboração dentro da sala como por exemplo o posicionamento da *Smartboard* e do sistema *RECALL*, um aplicativo para desenhos digitais que captura e indexa a ação individual de cada comentário sobre o desenho e distribui a todos que estão participando da reunião virtual via internet, teve como conclusão três importantes fatos:

- O espaço de trabalho ampliado pelo sistema *RECALL* intermedia o processo criativo de geração de conceitos e apoia a captura em tempo real do ato comunicativo em seu contexto original, incluindo diálogos, esboços e anotações em ferramentas CAD / imagem;

- Algumas vezes, o processo é mais importante que o produto e isso pode ser replicado nas empresas;
- O sistema *RECALL* demonstrou-se uma ferramenta que facilita a colaboração e melhora a produtividade.

Estas ferramentas estão direcionando o uso para a captura interativa das discussões em torno dos projetos. No entanto, ainda não está claro como essas ferramentas podem ser incorporadas de forma eficaz em espaços de trabalho interativos totalmente digitais para apoiar a coordenação de projeto em BIM.

O trabalho de Goldparvar-Fard et al. (2006) teve a seguinte metodologia para identificação dos requisitos dos usuários de um espaço interativo:

- Observações de reuniões de desenvolvimento e projetos em espaços de trabalho baseados em papel;
- Observações de reuniões de coordenação de projeto 3D em atuais espaços de trabalho interativos;
- Experiências realizadas em um espaço de trabalho interativo com tecnologia de ponta.

A metodologia foi composta por análise de oito reuniões de um projeto que estava sendo construído nas proximidades da Universidade de Columbia, Vancouver. Foram vinte e duas horas de reuniões gravadas em vídeo, sendo que três dos autores do artigo estavam sempre presentes. Esses vídeos serviram para as observações qualitativas. As análises focaram na categorização das interações entre os artefatos físicos que eram usados durante as atividades das reuniões (por exemplo: papel, *notebooks*, equipamentos móveis, *tablets*, telefones celulares). Esse “código” formal das interações dos equipamentos permitiu aos autores entender as práticas dos participantes e os tipos de interações de usuários que precisam de ser apoiados em um espaço digital de trabalho colaborativo. Com base nas observações, foram concluídos os principais requisitos de usuários em relação aos equipamentos para facilitar a interação:

- Tornar as informações compartilhadas com acesso a todos os membros do grupo;
- Dar suporte a anotações que possam ser apagadas a partir de contribuições diretas (muitos gestos e apontamentos foram comuns nas observações, tecnologias com *Smartboard* possibilitam este tipo de interação);

- Dar suporte às atividades individuais sem interferir diretamente com a atividade do grupo. Observaram que existem ações individuais e que o acesso simultâneo de várias pessoas a um documento de anotação pessoal pode ajudar, acreditaram que os *tablets* PC possam ser úteis nesta função de registro pessoal e distribuição das informações;
- Fornecer suporte a atividades de subgrupos durante a reunião: cochichos paralelos, compartilhamento de documentos com um pequeno grupo. Estas observações sugeriram o uso de tecnologia de computação móvel como *tablets* PCs e PDAs;
- Prover que a transferência de uma informação pessoal ao grupo seja uma atividade corriqueira (por exemplo através de um *pen drive* ou de um repositório de arquivos acessível por todos os computadores);
- Manter suporte aos artefatos tradicionais (papel e modelos físicos);
- Proporcionar relações espaciais de fácil visualização entre os diferentes diagramas;
- Proporcionar que as características do projeto do edifício sejam claras e facilmente acessíveis.

Este estudo é base importante para o trabalho em desenvolvimento, uma vez que os autores estudaram reuniões de coordenação baseadas em papel e também iniciaram a especificação de equipamentos para espaços interativos de coordenação BIM. No entanto concluíram que ainda precisa evoluir no sentido da coordenação no nível de projeto e nos trailers de obra canadenses.

2.3 Comunicação em projeto: mídia, tarefas e o processo

É importante entender como a informação é compartilhada dentro de uma sala de coordenação de projetos, o uso dos equipamentos e as interfaces entre as pessoas, as informações e os equipamentos (LEICHT et al, 2009). Durante um processo tradicional de comunicação existem alguns elementos-chave nos atos de comunicar uma mensagem entre pessoas. No entanto, ao se tratar de comunicação entre projetistas multidisciplinares com o objetivo de resolução de um projeto, estes atos e mensagens muitas vezes envolvem problemas complexos e não uma, mas múltiplas partes interessadas no projeto e também os membros da equipe.

Como passa a se utilizar formas complexas e multimodais para transmitir a informação, a forma como a mesma é transportada e o modo como a mensagem é transmitida desempenha um papel maior do que o usual a fim de que a equipe possa alcançar os objetivos da reunião.

Dennis; Fuller; Valacich (2008) desenvolveram uma teoria de comunicação chamada de *MST (Media Synchronicity Theory)* que foca na capacidade das mídias em darem apoio à sincronicidade (atividades que ocorrem simultaneamente ou concomitantes), um padrão compartilhado de comportamento coordenado entre os indivíduos quando trabalham juntos. Os autores relacionaram as mídias, as tarefas e os processos de comunicação. Quando se considera a comunicação focada nos objetivos de um trabalho, enxergam-se dois processos primários: o de transporte da informação e a convergência do significado (MIRANDA; SAUNDERS, 2003). Os processos de comunicação têm aspectos interpessoais e cognitivos. O trabalho é focado nos recursos de mídia para as necessidades de comunicação das tarefas que influenciam a apropriação e uso dos meios de comunicação que tem como resultado o desempenho final da comunicação.

O processo de transporte é a transmissão de uma diversidade de novas informações conforme for necessário para permitir que o receptor possa criar e rever o modelo mental da situação. Pessoas que participam em processos de transporte envolvem-se em atividades de processamento de informações para que potencialmente um grande conjunto diversificado de informações possam ser trocados numa variedade de formatos. Indivíduos participantes nos processos de transporte muitas vezes precisam de mais tempo para a execução do processo. O processo de convergência é a discussão das informações pré-processadas sobre a interpretação de cada indivíduo e não a própria informação bruta. O objetivo é chegar ao acordo sobre o significado da informação, que exige que os indivíduos alcancem o entendimento comum ou concordem que isso não será possível (LIND; ZMUD, 1991). Convergência é um processo de transmissão rápida, de ida e volta na transmissão de informações pré-processadas. Se as pessoas concordam com a interpretação de alguns ou de muitos elementos da situação, então os elementos não precisam de muito processamento de informações. O processamento das informações durante a convergência é reduzido, uma vez que incide sobre um conjunto menor de informações que todo o espaço de informação. No entanto, quando os indivíduos têm

grandes diferenças no seu entendimento individual, a convergência pode exigir tanto ou mais processamento cognitivo quanto o processo de transporte. Para realizar o transporte e convergência, um indivíduo deve se empenhar em dois processos individuais: transmissão da informação (preparar a informação para ser transmitida, transmissão da informação em um meio, e recebimento da informação a partir de um meio) e processamento da informação (entender o significado da informação e integrá-la em um modelo mental). O foco é entre indivíduos para transmissão de informação e nos indivíduos para processamento de informação.

Em reuniões de coordenação de projetos, a comunicação envolve tanto a transmissão quanto o processamento individual da informação. Ambas as atividades são essenciais para o sucesso da compreensão compartilhada. Além de pessoas e comunicação há também a mídia utilizada para facilitar o processo. Para entender como as pessoas usam a mídia é preciso considerar tanto a necessidade para transmitir informações bem como as necessidades individuais cognitivas para processar e entender as informações. (DENNIS; FULLER; VALACICH; 2008).

Segundo os autores, a teoria MST identificou capacidades físicas da mídia que através de seu uso impacta na forma como os indivíduos podem transmitir e processar a mensagem. Muitas características descritas nas teorias de mídia derivam de características sociais, como latência (urgência de *feedback*), personalização e presença social. Os autores identificaram 5 recursos de mídias que influenciam na transmissão ou no processamento da informação.

A maneira como os meios de comunicação e os recursos ou capacidades das mídias são usados podem influenciar diretamente o desempenho da comunicação. Ao analisar as tipologias de sincronicidade ou assincronicidade os autores reconheceram que são fatores que afetam a comunicação interpessoal e trabalho em equipe. Algumas mídias são geralmente síncronas, na qual todos os participantes podem se comunicar ao mesmo tempo (por ex. comunicação face-a-face, vídeo conferencia, conferência via telefone). Outros são tipicamente assíncronos, ou seja, os participantes podem não se comunicar ao mesmo tempo (por ex. fax, *voice mail*). Outros podem ser ao mesmo tempo assíncronos ou síncronos dependendo de como eles são apropriados (por ex. fóruns de discussão, mensagens eletrônicas de texto). Sincronicidade é um estado no qual as ações (envio e recebimento) se movem no mesmo ritmo e exatamente juntas. A pesquisa mostrou que quando as pessoas usam

as mídias eletrônicas sincronicamente, elas muitas vezes assistem à informação de forma assíncrona (MIRANDA; SAUNDERS, 2003). Quando as pessoas trabalham juntas, ao mesmo tempo com um padrão compartilhado de comportamento coordenado, haverá um grande nível de interação e foco compartilhado entre os emissores da mensagem e os receptores. Alta sincronicidade está associada ao esforço cognitivo reduzido para codificar e decodificar mensagens, produzindo transmissões mais rápidas de mensagens, de modo que uma mensagem possa ser avaliada e modificada rapidamente mesmo durante a transmissão da mesma. (CLARCK; WILKES-GIBBS, 1992; KOCK, 2004; ZMUD; LIND; YOUNG, 1990).

Alta sincronicidade também pode fornecer aos indivíduos a capacidade de receber um feedback imediato, ao passo que a baixa sincronicidade implica que os indivíduos levem mais tempo entre as mensagens, permitindo a eles que tenham mais tempo para processar a informação e analisar o conteúdo da mensagem ou desenvolver o significado através das mensagens. (ROBERT; DENNIS, 2005).

De acordo com os autores, para o desempenho da comunicação baseada no processo de convergência seriam benéficos níveis mais elevados de sincronicidade para apoiar a interatividade necessária para estratégias de *sensemaking*², levando a uma convergência mais eficiente. Convergência exige menos deliberação sobre novas informações, assim, em situações onde os indivíduos têm modelos mentais compartilhados, a codificação e decodificação de informações familiares deveriam ser mais rápidas, conforme indica a Tabela 1.

Tabela 1 - Características do processo de comunicação

Processo de Comunicação	Informação Transmissão Características	Informação Processamento Características	Mídia Sincronicidade Requisitos
Transporte da Informação	Alta Qualidade Vários Formatos Fontes Múltiplas	Retospectiva Mais lento	Mais Baixo
Convergência	Baixa Qualidade Formato Específico Fontes Específicas Mais rápido	Verificação Ajuste Negociação Mais Rápido	Mais Alto

Fonte: Dennis, A. R. et al., 2008

² *Sensemaking* é um conceito de consciência situacional que permite investigar e melhorar a interação entre pessoas e tecnologia da informação.

Traçando um paralelo com as reuniões de coordenação de projeto, pode-se verificar que o processo de convergência, apesar de mais rápido, precisa de alta sincronicidade para fazer com que os participantes da reunião tenham uma boa interatividade. Como os participantes de uma reunião trabalham em conjunto para definir e concluir objetivos e tarefas, eles terão que passar por vários atos de comunicação e informação do projeto (LEICHT et al., 2009). Segundo os autores, quando uma equipe inicia a discussão de um projeto, há cinco fatores fundamentais para a informação comunicada que influenciam a forma como ela é transmitida por uma pessoa, qual o meio disponível e a qualidade que a outra pessoa recebe esta informação. Estas variáveis são baseadas na *MST (Media Synchronicity Theory)*.

Os cinco fatores fundamentais propostos pela MST são:

- Urgência de *feedback*: a variável que define a rapidez ou latência do retorno da comunicação ao receber uma mensagem;
- Variedade de símbolos: as formas e percepções que podem ser utilizadas para passar a informação;
- Paralelismo: o número de canais em que uma informação é transferida;
- Ensaio: tempo e habilidade de se preparar para apresentar a mensagem antes dela ser transmitida;
- Reprocessamento: tempo e habilidade para revisar e deliberar sobre uma mensagem transmitida.

Dependendo do foco da comunicação, os cinco fatores fundamentais acima variam em valor, dependendo se a intenção é transporte ou de convergência (DENNIS et al., 2008). Juntamente com o processo, o contexto e experiência da equipe também afeta a transmissão da informação.

Por exemplo, se uma equipe vai utilizar um modelo 3D para a avaliação de um projeto, o modelo 3D dita o símbolo a ser utilizado, mas que, por sua vez, se relaciona com a necessidade para uma apresentação partilhada de tamanho suficiente para permitir que toda a equipe seja capaz de visualizar o modelo, o que afetará o imediatismo do feedback de quão rapidamente os membros da equipe serão capazes de ver e entender o projeto.

Muitas mídias permitem que múltiplos conjuntos de símbolos possam ser transmitidos simultaneamente (por exemplo, em uma conversa face-a-face, podemos falar palavras usando diferentes tons vocais e fazer gestos físicos). Os conjuntos de

símbolos podem afetar a sincronicidade apoiado por um meio de duas formas fundamentais:

- O esforço necessário para codificar e decodificar usando um conjunto específico de símbolos pode gerar custos de produção e atraso no processamento. Por exemplo, pode ser mais eficiente transmitir um “de acordo” com símbolos visuais (como um aceno de cabeça) do que pela digitação “Eu concordo com você”; Outros conjuntos de símbolos podem ser mais lentos para codificar: por exemplo, um e-mail gasta mais tempo para codificar (escrever) do que a própria mensagem expressada verbalmente, porque leva mais tempo para escrever do que para falar (WILLIAMS, 1977).
- Alguns conjuntos de símbolos são mais lentos para decodificar, por exemplo, uma mensagem escrita é mais rápida de ser decodificada que um *voice mail* porque é mais rápido ler do que escutar. Os conjuntos de símbolos físico, visual e verbal são rápidos para codificar, facilitando a alternativas e rotatividade de coordenação e propiciando as interações mais rápidas (WILLIAMS, 1977).

Por isso, as mídias que incorporam estes conjuntos de símbolos têm um recurso maior para dar apoio à sincronicidade quando comparadas com conjuntos de símbolos escritos ou digitados que são mais lentos para codificar e também para decodificar. Mídias com um conjunto de símbolos mais naturais (físicos, verbais e visuais) dão mais suporte à sincronicidade quando comparadas com conjunto de mídias menos naturais, como escrita ou digitada.

Algumas das informações podem ser mais precisamente codificadas e decodificadas em um conjunto de símbolos do que em outro. Gestos físicos (por exemplo, toque), gestos visuais (por exemplo, acenos ou sorrisos) e tom de voz podem ser usados para enfatizar pontos importantes, mostrar dúvida ou incerteza e para indicar a aceitação, e para amplificar o significado para além das palavras em si muito mais eficientemente e eficazmente do que a tentativa de expressar os mesmos significados em palavras faladas ou escritas (WILLIAMS, 1977).

Os indivíduos podem ser mais eficazes e eficientes na codificação e decodificação das informações quando o conjunto de símbolos corresponde às necessidades da mensagem. Por exemplo, visualizar um modelo em uma tela de grandes dimensões pode ser mais eficaz e eficiente, tanto na codificação quanto na decodificação das informações do projeto, do que fazer o mesmo sobre uma mesa com projetos

impressos espalhados. No primeiro caso, o conjunto de símbolos (visual, imagem de grande proporção ou vídeos) melhora a transmissão e processamento das informações e portanto terá maior capacidade de dar apoio a sincronicidade.

Desta forma, a *MST (Media Synchronicity Theory)* foi utilizada neste trabalho para embasar a compreensão do processo de comunicação e necessidade da presencialidade na sala de coordenação de projetos. Considerando a colocação de uma tela de grandes dimensões com possibilidades de registro de informações e a discussão face-a-face, apesar de argumentar que a mídia com conjuntos de símbolos escritos ou digitados é menos capaz de dar apoio à sincronicidade, a combinação de comunicação face a face (pela sua capacidade de suportar a sincronicidade) e o quadro (pela sua capacidade de permitir processabilidade) podem ser mais capazes de apoiar o desenvolvimento de entendimento compartilhado do que ambos os meios sozinhos. Por equilibrar as forças e fraquezas das mídias, podemos melhorar o desempenho da comunicação através da escolha de um conjunto de meios de comunicação. Os processos de transporte funcionam melhor quando a mídia que os apoia tem recursos de baixa sincronicidade enquanto os processos de convergência são melhor servidos por mídias que suportem a alta sincronicidade.

Toda forma de troca de informação entre agentes das equipes de projeto é chamada de comunicação (OTTER; EMMIT, 2008). O processo de comunicação em projeto é descrito por vários autores (SENESCU, 2011; GLAVAN; TUCKER, 1991) e demonstraram o quanto pequenos problemas de projeto afetam o desempenho da fase de construção, e descrevem que a grande maioria destes problemas são relacionados à informação de projeto pobre ou de baixa qualidade. O problema de comunicação ao longo do processo é um dos fatores que ocasionam a baixa qualidade das informações de projeto. A tomada de decisão em projeto é prejudicada quando a comunicação entre os projetistas é pobre, o que pode gerar incompatibilidades e indefinições de projeto (SENESCU, 2011). Segundo o autor, a comunicação é um dos maiores fatores limitantes para que as equipes de projeto possam gerenciar a complexidade das questões e atender às expectativas dos clientes. Em razão destes achados, propôs um método para promover a eficiência e efetividade da comunicação entre as equipes de projeto. Enquanto a fase de projeto trabalhar com informações compartimentadas, como se cada projetista estivesse em uma baía, a comunicação

será uma das principais questões a serem resolvidas. O autor definiu três tipos de comunicação no processo de projeto:

- Colaborativa: projetistas que trabalham juntos com troca de informações contínua entre toda a equipe e com uma meta comum estabelecida entre todos para o projeto;
- Compartilhada: projetistas trocam informações de processo entre as equipes de projetos;
- Conhecimento: projetistas recebem informação de como outros estão trocando informações na indústria da construção.

Para o autor, na medida em que os processos de projeto evoluem, como a Modelagem da Informação da Construção, o tipo de comunicação tem a tendência de se tornar cada vez mais colaborativa e mais eficiente.

2.4 Ergonomia e usabilidade

A ergonomia é o estudo de adaptação do homem ao trabalho (IIDA, 2005). Existem outras definições de ergonomia. A maioria procura ressaltar o caráter interdisciplinar e o objetivo de seu estudo que é a interação entre o homem e o trabalho, no sistema homem-máquina-ambiente. Ou, mais precisamente, as interfaces desse sistema, onde ocorrem trocas de informações e energias entre homem, máquina e ambiente, resultando na realização do trabalho. A *Ergonomics Society* define: “Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento.” (CHARTERED INSTITUTE OF ERGONOMICS & HUMAN FACTORS, 2015, tradução nossa) e a Associação Brasileira de Ergonomia (2015) adota a seguinte definição:

Entende-se por ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem estar e a eficácia das atividades humanas.

O enfoque da presente pesquisa está mais voltado para a abordagem da ergonomia organizacional, ou seja, aquela que se ocupa da otimização dos sistemas sócio técnicos, abrangendo os processos, e principalmente o projeto participativo (IIDA, 2005). Mas também têm características do enfoque da ergonomia física, que se ocupa

das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica relacionados com a atividade física.

A compreensão do espaço que será investigado (sala de reunião), é fundamental para a determinação da melhor concepção do mesmo. A concepção de um espaço de trabalho, bem como de uma sala de reuniões, considera as atividades de trabalho que envolvem:

- A pessoa que age;
- Os instrumentos mediadores (por exemplo o *notebook* e tela de projeção);
- A organização dos tempos, das tarefas, relações hierárquicas e interpessoais;
- A tarefa a ser desempenhada (ABRAHÃO et al., 2009).

Segundo os autores, a construção do espaço e de soluções articula pelo menos três dimensões: mobiliários e equipamentos, conteúdo e organização do trabalho. Para que as reuniões de trabalho, bem como outras tarefas que são executadas em escritórios, estejam apoiadas nas dimensões acima, é necessário levar em consideração: se a natureza da tarefa está adequada ao mobiliário e postura física das pessoas, se as condições ambientais como iluminação, ventilação e acústica estão adequadas e se os equipamentos a serem utilizados cumprem seus papéis em relação às necessidades das tarefas.

As dimensões e configurações de postos de trabalho devem atender às exigências decorrentes dos equipamentos e de todos os componentes. Devem atender também às exigências da atividade de trabalho, respeitando os critérios delimitados pela zona de alcance e os de campo visual (PANERO; ZELNIK, 1979).

2.4.1 Características visuais

Panero e Zelnik (1979) levantaram a questão da ergonomia junto a salas contendo uma variedade de sistemas audiovisuais que transmitem informações. Estes sistemas podem variar desde uma simples televisão a um auditório com uma tela de grandes dimensões. O fato é que esta tecnologia se instalou em diversos setores inclusive nas salas de reuniões dos escritórios. De acordo com a altura do olho humano e o campo visual, eles desenvolveram uma série de medições que foram tomadas como referência no presente trabalho. Segundo eles, a qualidade da interface entre qualquer sistema de comunicação visual e o observador é função da forma, do sistema e do

espaço onde ele está colocado e que respondem a fundamentais e restritivas capacidades humanas. Para o autor, o arquiteto, ao projetar um espaço como este, deve ter como principais preocupações a biomecânica do corpo humano e a geometria do campo visual, além da altura do olho, quando a pessoa está sentada ou em pé. A biomecânica, a área que interessa em particular, indica os limites de variação do movimento da cabeça e do corpo. O ângulo que o indivíduo pode rotacionar a cabeça nos planos horizontal e vertical irão obviamente restringir seu campo visual. A geometria do campo visual é igualmente importante, considerando que o olho humano estabelece uns cones de visão e ângulos relativos. Deve ser considerado que tanto o olho quanto a cabeça são capazes de rotacionar. A variação do movimento do olho, para cima ou para baixo e para cada um dos lados, adiciona ao participante de uma reunião a habilidade de fazer uma varredura visual em telas de grandes dimensões. O campo visual é a parte do espaço, medida em grandeza angular, que pode ser vista quando a cabeça e o olho estão absolutamente imóveis. O campo de visão de um olho individual é chamado de “visão monocular”, dentro deste campo, imagens nítidas não são transmitidas para o cérebro, parecendo objetos difusos e não claros. Quando um objeto é observado pelos dois olhos simultaneamente, o campo de visão de cada olho individual se sobrepõe, criando um campo de visão de maior magnitude do que o de cada olho separadamente. Este campo de visão central é chamado de “campo binocular”, que é de aproximadamente 60° em cada direção. Dentro deste campo, as formas de imagens são transmitidas ao cérebro, há noção de profundidade e discriminação de cores. Dentro deste campo de visão central, ocorre o reconhecimento de palavras e símbolos. A Figura 1 indica como é o campo visual no plano horizontal.

Figura 1- Campo visual no plano horizontal

Fonte: Panero, Zelnik (1979)

Os autores definiram, a partir de medições antropométricas, que a rotação da cabeça confortável horizontalmente é de 45 graus para cada lado, ou seja, 90 graus no total, conforme a Figura 2 - Movimento horizontal de cabeça. Esse movimento se refere ao movimento confortável do pescoço. Esta variação aumenta a possibilidade do campo visual.

Figura 2 - Movimento horizontal de cabeça

Fonte: Panero, Zelnik (1979)

Para o movimento vertical da cabeça, os autores definiram como zona confortável até 30 graus para frente ou para trás, também se considerando o movimento do pescoço, sendo que o pescoço humano vai até 40 graus para frente e 50 graus para trás conforme a Figura 3.

Figura 3 - Movimento horizontal de cabeça

Fonte: Panero, Zelnik (1979)

Tomando como referência a linha típica de visão horizontal em 0 ° (linha do olho), a linha de visão de uma pessoa de visão normal é um cone de 10° abaixo da linha horizontal e aproximadamente 15°, caso a pessoa esteja sentada. A magnitude de

zona de visão para cores é de aproximadamente 30° abaixo e acima da linha de visão, conforme a Figura 4

Figura 4 - Campo de visão no plano vertical

Fonte: Panero, Zelnik (1979)

Normas técnicas vigentes relativas à ergonomia da relação humano-sistema (ABNT NBR ISO 9241-210:2011; ABNT ISO 9241-11:2011 e ISO 9241-2:1992) onde a abordagem da experiência do usuário é consequência da apresentação, funcionalidade, desempenho do sistema, comportamento da interação e capacidades assistivas de um sistema interativo, tanto em *hardware* quanto em *software*, também foram objeto deste levantamento bibliográfico. A NBR ISO 9241-210:2011 e a ISO 9241-2:1992 preconizam a necessidade de se definir o contexto de uso atual dos sistemas, as características dos usuários, das tarefas e dos ambientes organizacionais, técnicos e físicos. Estes aspectos foram considerados importantes como requisitos para levantamento de dados dos usuários de salas de reunião, tais como:

- Identificar quais são os usuários da sala;
- Identificar quais são as características destes usuários (conhecimentos, habilidades, experiência, formação, treinamento, aptidões);
- Identificar os objetivos e tarefas dos usuários dentro da sala;

- Identificar as características relevantes do ambiente físico, social e cultural dos usuários;
- Especificar os requisitos dos usuários (necessidades dos usuários, contexto de uso, ergonomia, interação, mobiliário, infraestrutura, espaço, conforto ambiental).

A Norma ABNT NBR ISO 9241-11:2011 tem como objetivo projetar e avaliar computadores e discute o sentido da palavra usabilidade quando empregado para proporcionar que usuários alcancem seus objetivos e suas necessidades em um contexto de uso específico. Esta norma enfatiza que a usabilidade dos dispositivos de interação visual é dependente do contexto de uso e que o nível de usabilidade alcançado dependerá das circunstâncias específicas nas quais o produto é usado. Para a norma, o contexto de uso consiste nos usuários, tarefas, equipamentos (*hardware*, *software* e materiais) e do ambiente físico e social que podem influenciar a usabilidade de um produto em um sistema de trabalho.

2.4.2 Linhas de visada em salas de reunião

Para os autores Panero e Zelnik (1979), as mesas de salas de reuniões devem, do ponto de vista ergonômico, ter espaço suficiente para acomodar documentos, papéis e outros materiais e equipamentos. Dependendo do tipo de reunião, pode-se variar o tipo de material a ser acomodado. Em reuniões de coordenação de projetos baseadas em papel, a quantidade, volume e dimensões deste material diz respeito às folhas dos projetos em análise. Quando se evolui para processo BIM com sistemas de visualização compartilhados, a quantidade de papéis tende a diminuir sobre as mesas e portanto a exigência de espaço também passa a ser outra.

Os autores também relatam sobre os espaços de circulação atrás das cadeiras, medida de conforto importante para os usuários das salas de reunião. Eles recomendam que esta circulação varie entre 0,75m e 0,90m.

Em configurações de mesas tipo “U”, adicionalmente às características antropométricas usuais, deve se considerar o espaço de circulação entre as mesas, acomodação do acesso à circulação, que eles indicam como 1.50m, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Acesso de circulação em salas com leiaute tipo "U"

Fonte: Panero e Zelnik (1979)

Os autores colocam a preocupação da distribuição dos assentos em salas de reunião, principalmente quando há o uso de equipamentos de audiovisuais (telas de grandes dimensões). Para eles o espaço destinado às cadeiras não é somente importante nas zonas de trabalho durante a reunião mas também essencial em prover a linha de visão mais favorável à tela que está sendo observada. Como mostrado na Figura 6, a distância mínima entre as cadeiras pode melhorar muito a linha de visada do observador para a tela. Para os autores, as linhas e ângulos de visão também são função da distância da mesa à tela.

Figura 6 - Linhas de visão em mesas de reuniões com tela de grande dimensão

Fonte: Panero e Zelnik (1979)

2.4.3 Mesas e assentos na sala de reuniões

O advento da tecnologia da informação resultou em uma mudança da situação onde a informação é criada, armazenada e comunicada por meio de computadores, resultando em um mundo virtual como o lugar da informação (STREITZ et al., 1999). Perceberam que as interfaces informacionais começaram a ficar reduzidas às telas dos computadores ou a dispositivos de realidade virtual. No entanto, o dia-a-dia de trabalho é altamente determinado pelo espaço arquitetônico que nos rodeia. Os espaços que têm mobiliário, paredes, teto, portas, janelas, etc. constituem ricos espaços de informação devido à sua inerente acessibilidade à informação direta ou indireta. Exemplos disso são a distribuição e disponibilidade física dos objetos como, por exemplo, livros, revistas, desenhos, blocos de notas, diagramas, fotos e calendários pendurados nas paredes. Outro exemplo é o ambiente físico das salas de reunião. O posicionamento das mesas, cadeiras, prateleiras resultantes da prática em exercício. Este autor defende que o mobiliário da sala de reunião deva ser o mais flexível possível, para que todos possam acessar as informações e equipamentos. Ele

acredita que os espaços arquitetônicos são e servem como um fornecedor informacional e cooperacional ao mesmo tempo.

Já do ponto de vista da ergonomia, o enfoque diz respeito às medidas de acomodação dos objetos que vão sobre as mesas e aos espaços adequados ao corpo humano sobre uma cadeira de sala de reunião. Também é analisado o perímetro em volta de cada participante o analisado e que deve ser no mínimo adequado a acomodar a largura máxima do corpo humano, permitir a extensão dos cotovelos sobre a mesa e também colocar todos os documentos necessários à análise. Os espaços de circulação em volta das mesas de reunião também devem ser considerados. Os autores sugerem vários tipos de arranjos de mesas com as medidas de tolerância em relação à ergonomia (PANERO; ZELNIK, 1979).

2.4.4 Conforto acústico, térmico e lumínico

Os parâmetros de conforto acústico, lumínico e térmico em ambientes estão regulamentados no Brasil por normas técnicas vigentes e também pelo Ministério do Trabalho. A Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho número 17 (NR-17), (MTE, 2007) define estes quesitos para locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção. Estes conceitos também devem se aplicar às salas de reuniões.

Esta norma regulamentadora tem como principal objetivo o estabelecimento dos parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto e segurança e desempenho eficiente. O item 17.5.2 da NR-17 define as condições ambientais de trabalho em locais que exijam solicitação intelectual, como escritórios e salas de reunião:

- Níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- Índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C;
- Velocidade do ar não superior a 0,75m/s;
- Umidade relativa do ar não inferior a 40 por cento.

A Norma ABNT NBR 10152 define os níveis de ruído aceitáveis para salas de reunião: entre 30 e 40 dB.

A iluminação natural ou artificial deve ser adequada a uma sala de reunião em torno de 500 lux de luminância, 19 UGR de limite de ofuscamento unificado e 80 Ra de índice de reprodução de cor mínimo (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013).

2.4.5 Usabilidade

O termo usabilidade é utilizado com frequência para se referir à capacidade de um produto ser facilmente usado. Isto corresponde à definição de usabilidade como uma qualidade de software de acordo com a norma ISO/IEC 25010:2011. No entanto, os atributos que um produto requer para a usabilidade dependem da natureza do usuário, da tarefa e do ambiente. Um produto não tem usabilidade intrínseca, mas sim uma capacidade de ser usado em um contexto em particular.

Bowman e outros (2005) definiram usabilidade como a característica de um equipamento, técnica de interação ou interface completa com usuário de afetar o seu uso. Há vários aspectos de usabilidade, incluindo a facilidade de uso, o desempenho do usuário em realizar a tarefa, o conforto do usuário e o comportamento do sistema. Estudar o conceito de usabilidade é importante na maneira global de como um leiaute ou uma sala de coordenação pode atender ao usuário e ser ou não de fácil utilização. Segundo a NBR ISO 9241-11:2011 há três maneiras pelas quais a usabilidade pode ser medida:

1. Pela análise das características requeridas de um produto inserido em um determinado contexto de uso;
2. Pela análise do processo de interação;
3. Pela análise da eficácia e eficiência que resultam do uso de um produto em um contexto em particular e a medição da satisfação dos usuários do produto.

2.5 Dispositivo de entrada e saída

Em tecnologia da informação, chama-se de interface com o usuário o meio através do qual se realiza a comunicação entre usuários e computadores. A interface com o usuário traduz as ações que os usuários inserem (*inputs*) em representações que o computador consegue entender, e o computador por sua vez, traduz (*outputs*) estas ações em representações que o ser humano consegue entender. Ou seja, significa a

comunicação entre os usuários e o sistema. O usuário precisa comunicar comandos, solicitações, questões, intenções e objetivos ao sistema. E o sistema, por sua vez, precisa providenciar o *feedback*, respostas às entradas (*inputs*), informações sobre o estado do sistema e outros (BOWMAN et al., 2005).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Para que os objetivos desta pesquisa possam ser alcançados será utilizada a abordagem de Pesquisa Construtiva (*Constructive Research*). *Constructive Research* é uma metodologia de resolução de problemas que depende tanto de diferentes ferramentas de pesquisa como também está associada com a epistemologia interpretativa e positivista e no empirismo (OYEGOKE, 2011).

Kasanen e Lukka (1993) referem-se à abordagem construtiva como a resolução de problemas através da construção de um modelo, plano ou constructo. Os autores referem-se a constructos como uma forma de produzir soluções para problemas explícitos: um processo de mudança, algo que é profundamente diferente de qualquer coisa que existia antes de ser criada, algo que produz nova realidade e que sua usabilidade possa ser demonstrada através da implementação de soluções. Neste tipo de abordagem é essencial estreitar o problema e sua solução conjuntamente com um conhecimento teórico acumulado (KASANEN; LUKKA, 1993).

A abordagem construtiva significa resolução de problemas através da construção de modelos, diagramas, planos, organizações, procedimentos organizacionais. (KASANEN; LUKKA, 1993).

Os achados abaixo observados na área de coordenação de projetos baseada em papel, fornecem a direção para que se possa acessar ao problema:

- Falta de precisão para tomada de decisão em projeto baseada em documentação geométrica, muitas vezes não eficaz em relação ao produto tratado. (LISTON; FISCHER; KUNZ, 2000; LEICHT, 2009; GOLPARVAR-FARD et al., 2006);
- Falta de infraestrutura para apoio às atividades de coordenação de projetos com modelos em objetos paramétricos e tridimensionais que não é mais aquela baseada na análise em papel (LISTON; FISCHER; KUNZ, 2000; LEICHT, 2009; GOLPARVAR-FARD et al., 2006).

Uma importante característica da CR (*Constructive Research*) é que a usabilidade deve ser demonstrada a partir da implementação da solução.

No caso desta pesquisa, a abordagem de CR (*Constructive Research*) busca amarrar o problema e sua solução com o conhecimento teórico acumulado. A inovação e o funcionamento real da solução serão demonstrados, pois uma construção que é

considerada como adequada em termos técnicos não necessariamente funciona na prática. Geralmente é difícil, porém não impossível, verificar a aplicabilidade em prática de uma nova construção antes de sua implementação (KASANEN; LUKKA, 1993; OYEGOKE, 2011).

De acordo com os últimos autores, a abordagem de CR pode ser caracterizada dividindo-se o processo de pesquisa em seis fases:

1. Encontrar um problema prático relevante que tenha potencial de ser pesquisado;
2. Obter o entendimento geral e compreensivo do tópico;
3. Inovar - construir uma ideia para solucioná-lo;
4. Demonstrar que esta solução funciona;
5. Mostrar que as conexões teóricas são compatíveis com a contribuição do conceito da solução;
6. Analisar o escopo da aplicabilidade da solução.

A exposição no mundo real pode causar severas modificações no modelo analítico original. Em relação a abordagem construtiva, vários pontos podem ser levantados sobre a base de análise acima. Em primeiro lugar, a pesquisa construtiva pode ser tanto qualitativa quanto quantitativa, ou ambas. Em segundo lugar, sendo uma pesquisa inerentemente uma atividade de resolução de problemas dirigida a objetivos, ela é explicitamente normativa, por sua própria natureza (OYEGOKE, 2011). Segundo o autor, há três principais formas de se gerar problemas na abordagem construtiva:

- 1- Evidências baseadas em observações pessoais ou estudos de caso;
- 2- Evidências baseadas em experiência prática através da prática ou de praticantes;
- 3- Evidência a partir de trabalho teórico de pares.

Conforme descrito por Oyegoke (2011) a CR é composta por 6 fases que nesta pesquisa foram aplicadas da seguinte forma:

FASE 1: Identificação do Problema

Será encontrado um problema prático relevante que tenha o potencial de ser pesquisado. A origem do problema a ser focado será levantada através de evidência em experiência prática e como agente praticante. Para embasamento e comprovação das teorias encontradas sobre o assunto será feito aprofundamento da revisão de literatura.

FASE 2: Compreensão do Problema

Após a definição do problema a ser investigado, será feita a revisão de literatura para embasamento geral do tópico, levando-se em consideração os tópicos fundamentais para entendimento:

- Coordenação de projetos;
- Salas de coordenação de projeto presenciais e virtuais;
- Análise de processo de projetos convencional e BIM;
- Características dos leiautes das salas de reunião para coordenação de projetos;
- Sistemas de comunicação em salas de coordenação de projetos.

Vários estudos já elaborados na área serão verificados e documentados. Algumas experiências práticas relevantes também serão enfocadas. Os problemas encontrados serão considerados, bem como a definição de algumas soluções para os mesmos.

FASE 3: Produção do Constructo

A abordagem CR requer que o projeto do constructo deva ser baseado em uma interpretação profunda e sintética do contexto da revisão de literatura e nos aspectos práticos dos problemas (OYEGOKE, 2011). A abordagem CR demanda que as vantagens meta do constructo proposto devam ser declaradas tanto quanto suas limitações em uso.

Para que o constructo da presente pesquisa possa ser estabelecido será necessária uma série de análises tanto na literatura quanto nos aspectos práticos vivenciados nas salas de coordenação de projetos. Para tal, além do levantamento de literatura já relatado, serão utilizadas vinte e seis gravações em vídeo de reuniões de coordenação de projeto convencionais, baseadas em análise sobre papel. Este tipo de análise é um método empírico e observacional chamado de *Protocol Analysis* (JIANG; YEN; 2009). O protocolo de análise é uma parte do registro do comportamento em um espaço de tempo. Protocolos de projeto são geralmente utilizados na forma de gravações dos comportamentos evidentes dos projetistas e participantes das reuniões, como gravações de verbalizações, esboços e audiovisuais capturados pelas câmeras de gravação em vídeo. Aliada a esta análise será desenhado o fluxo das reuniões de coordenação de projetos tradicionais e baseadas em processo BIM. Para a definição do construto são analisados todos os elementos

que uma sala de coordenação de projetos em BIM deva ter como participantes, mobiliário, equipamentos e infraestrutura do espaço.

FASE 4: Avaliação do Constructo

Nesta fase será demonstrado que o constructo funciona. Segundo Oyegoke (2011), a natureza aplicada ao estudo é determinada pela combinação da teoria baseada no processo de projeto do constructo (fase três) e seu processo de validação (fase quatro). De acordo com o autor, o método mais apropriado para testar e melhorar um constructo será através de um estudo de caso-piloto. Segundo o autor, somente a evidência gerada por fonte primária com base em pesquisa empírica ou experimental permite fazer declarações sobre causalidade. A validação empírica poderá ser o estudo de caso ou uma *survey*.

Na presente pesquisa, após a construção e avaliação de leiautes baseados em necessidades e requisitos dos usuários, bem como critérios e métricas aplicadas 14 leiautes serão utilizados como estudo de caso para teste.

FASE 5: Conexões Teóricas

Nesta fase será mostrada a conexão entre a teoria e a contribuição da pesquisa para solucionar o problema. Todos os procedimentos da pesquisa se mostrarão documentados e apresentados a seguir em detalhes, para que todos possam verificar a confiabilidade de cada etapa. A conexão com a literatura (estado da arte) para definição da lacuna de conhecimento será demonstrada. A construção da proposta será baseada na combinação das bases teóricas e empíricas e validada formalmente. A aplicação do resultado encontrado também será demonstrada e indicada na presente pesquisa.

FASE 6: Escopo de Aplicabilidade

A aplicabilidade da solução encontrada será especificada e futuros estudos deverão ser ressaltados. Estes estudos deverão incluir o empirismo, uma vez que ele é uma das técnicas de construção da teoria em CR, ou seja, teoria de testes como um dos processos de validação. No caso da presente pesquisa serão indicados novos testes empíricos para a continuação da investigação, como uma forma de consolidação e construção da teoria sobre a necessidade da infraestrutura específica para salas de coordenação de projetos em BIM.

Para começar entendendo a dinâmica das reuniões de coordenação de projetos será feito o seguinte estudo para levantamento dos requisitos dos usuários:

As etapas a seguir descrevem as fases 3 a 6, uma vez que a delimitação da pesquisa e a revisão da literatura já foram tratadas nos capítulos anteriores do trabalho.

3.1 Elaborar levantamento dos requisitos dos usuários

A primeira atividade enfocará o levantamento dos aspectos práticos do estudo, trabalhando basicamente sobre reuniões de coordenação de projetos tradicionais, baseados em papel.

Deverá se elaborar um mapeamento com foco na reunião de coordenação de projetos para cada etapa do processo tradicional (2D). As fases do projeto para as quais está se fazendo o levantamento deverão ser especificadas, considerando:

- Reunião de start up;
- Estudo preliminar;
- Pré-executivo;
- Executivo.

Para construção dos fluxos poderá se utilizar um software específico de Notação de Modelagem de Processos de Negócio (BPMN)³.

O principal objetivo da análise destes fluxos é o de identificar a essência das ações e trocas de documentos que ocorrem durante as reuniões de projeto para que em futuras análises seja possível a definição das necessidades dos usuários.

- **Preparar gravação em vídeo de reuniões tradicionais de projeto:**

As observações das ações que ocorrem em reuniões de projeto serão feitas a partir da gravação em vídeo de reuniões de coordenação de projetos. As gravações deverão ser feitas durante as reuniões com o uso de uma câmera digital e um tripé ou, alternativamente, o uso de notebook.

Esta metodologia já foi utilizada anteriormente por outros autores com o propósito de levantar os requisitos dos usuários em reuniões de coordenação (GOLPARVARD et al., 2006). No entanto, eles utilizaram a filmagem para confirmar perdas de itens observados, pois pelo menos três dos autores estavam presentes às reuniões e não eram agentes das mesmas. No caso do analista dos filmes nem sempre poder

---

³ BPMN- Business Process Model and Notation

estar presente nas reuniões de coordenação a serem analisadas, justificariam-se as filmagens.

Para filmagem das reuniões deverão ser selecionados projetos em que haja coordenação profissional e oficial. A posição da câmera na sala de reunião também deverá ser estudada. Como nem sempre poderá ser o mesmo operador da câmera a ir à reunião, vários operadores devem ser treinados em relação aos procedimentos de como executar a filmagem (posicionamento da câmera, cuidados com a bateria, etc.). Também deve-se tomar o cuidado para que a câmera filme todos os participantes da reunião. Dependendo do tamanho e formato da sala, poderá ser necessária a movimentação da câmera em intervalos de tempos, para que todos possam ser filmados. A Figura 7 mostra um exemplo deste posicionamento.

Após as gravações em vídeo, as imagens deverão ser analisadas e planilhadas manualmente, de forma individual e sistemática, por especialista da área.

Figura 7- Posicionamento da câmera de filmagem

Fonte: Autora

- **Definir critérios para os padrões de comunicação a serem coletados:**

Os padrões de comunicação estabelecidos para posterior análise das gravações em vídeo serão baseados em dois princípios básicos: quem faz a ação e quem recebe a ação. Devem ser estabelecidos alguns padrões conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Padrões definidos de comunicação

de para	1	N	TODOS
0	Trabalho Individual	Trabalho Individual	Trabalho Individual
N	“Sub palestras”	Reuniões de sub grupos	
TODOS	Palestrante	Palestrantes (“jogral”)	Reunião Geral

Fonte – Autora

O trabalho individual, que poderá ser do próprio agente, de um pequeno grupo ou de todos para eles mesmos (identificado por “0”), implica em acesso individual a informação não compartilhada por todos da reunião. Este tipo de ação poderá ser anotação em folhas de papel, anotações em *tablets*, em plantas impressas, em notebooks, porém tudo de caráter pessoal, que não seja compartilhado com o restante da equipe durante a reunião. O trabalho de um subgrupo para agentes deste subgrupo poderá ser individual ou um pequeno grupo estudando um memorial descritivo. Poderá ser um pequeno grupo explicando algum item para outro pequeno grupo, por exemplo, como funcionará o sistema de aquecimento solar, ou pode ser um pequeno grupo apresentando para todos da reunião em forma de “jogral”, onde cada um fala um pouco, mas o emissor será sempre este pequeno grupo.

A comunicação de todos os agentes para eles mesmos poderá se dar quando todos da reunião estiverem ao mesmo tempo fazendo ações individuais e não compartilhadas. A comunicação entre todos e um subgrupo será considerada inexistente por questões óbvias.

E a comunicação de todos os agentes com todos será quando todos da reunião resolvem falar ao mesmo tempo. Todas as vezes em que a comunicação estiver envolvendo “todos” ou “N” existirá simultaneidade de ações.

- **Propor formulário para coleta dos dados de gravação em vídeo:**

Com base na coleta de padrões de comunicação, deverá ser proposto um formulário para coleta dos dados das gravações em vídeo.

- **Preparar o levantamento dos dados das gravações em vídeo:**

Selecionar um aplicativo *player* de vídeo que suporte o formato de gravação e que tenha recurso de *fast forward* para que as gravações possam ser assistidas com maior rapidez. Deve também mostrar o tempo decorrido para que possa ser registrado o momento em que ocorrem as ações, em caso de necessidade de conferência.

- **Verificar as características dos empreendimentos a serem levantados:**

Selecionar a amostra das reuniões de coordenação a serem gravadas em vídeo de acordo com fases do projeto e quantidade de participantes. Deverão ser solicitadas autorizações aos incorporadores e construtores para a realização das gravações em vídeo através de carta formal. Desta forma, na medida em que as reuniões forem sendo autorizadas para filmagem, as mesmas poderão ser realizadas.

Para organização das informações recolhidas em cada reunião, deverão ser organizadas fichas que contenham todas as informações pertinentes ao empreendimento gravado, tais como nome, tipologia, área construída, empresas, número de participantes e seus papéis na reunião, data da reunião, fase do projeto, local da reunião, infraestrutura e um croqui da disposição dos participantes bem como da câmera de vídeo. Um exemplo desta ficha encontra-se no Apêndice A.

- **Elaborar mapeamento do processo 3D de coordenação (foco nas atividades dentro da sala):**

Com base em levantamento de bibliografia, deverão ser elaborados também os fluxos de reunião em BIM. Um mapeamento com foco em reuniões de coordenação de projetos em BIM deverá ser feito da mesma forma que o realizado para o processo tradicional (baseado em papel).

É importante a ressalva de que existem no Brasil algumas iniciativas isoladas de coordenação em BIM. No entanto, elas ainda não configuram um padrão para o mapeamento deste processo como há na coordenação tradicional 2D.

- **Elaborar o levantamento das necessidades dos usuários de reuniões em BIM:**

A segunda atividade da Fase 3 da metodologia CR enfoca o levantamento das necessidades dos usuários de salas de coordenação BIM. Antes de se planejar o uso de um espaço de trabalho interativo, primeiro é necessário entender quais são os requisitos que definem os tipos de interação relevantes. Essas interações podem ser de caráter informacional ou físico. Algumas características foram identificadas por Rankin et al. (2007) e dizem respeito a:

- Visualização de documentos em grandes telas;
- Revisar documentos e interagir com a informação na sala de reunião;
- Permitir comunicação mais eficaz entre os participantes, diminuindo a perda ou má interpretação de informações;
- Dar suporte à documentação eletrônica e aprendizagem colaborativa e permitir que a equipe traga menos informações em papel para as reuniões;
- Promover a interação pessoal das equipes de trabalho;
- Acessar as informações do projeto em um ambiente mais descontraído e relaxado;
- Fazer uso de servidor na sala e de rede de computadores;
- Fazer uso de telas táteis;
- Prover equipamentos permanentes e portáteis na sala. Os permanentes incluem telas *touch screen*, servidor, teclados sem fio, *mouse* sem fio e apontadores a laser. Os portáteis incluem *notebooks* pessoais, *tablets*, *smartphones*;
- Fazer gravações em vídeo e áudio.

Outras pesquisas anteriores na área focaram na observação de participantes de reuniões com uma variedade de equipamentos que proporcionaram o acesso aos dados, simulações, visualização e trocas entre os participantes presenciais, em vez de se preocuparem em antecipar as necessidades dos usuários ou tornar o espaço “inteligente” (FOX et al., 2000; GOLDPARVAR-FARD et al., 2006). Deverão ser feitas gravações em vídeo de reuniões em BIM com o objetivo de identificar o maior número

de necessidades dos usuários em relação à infraestrutura física, aos equipamentos, mobiliário e inter-relacionamento entre os participantes. Além da análise das gravações em vídeo, devem ser consultadas normas técnicas vigentes relativas à ergonomia da relação humano-sistema (ABNT NBR ISO 9241-210:2011; ABNT ISO 9241-11:2011) onde a abordagem da experiência do usuário é consequência da apresentação, funcionalidade, desempenho do sistema, comportamento da interação e capacidades assistivas de um sistema interativo, tanto em *hardware* quanto em *software*. A primeira norma preconiza a necessidade de se definir o contexto de uso atual dos sistemas, as características dos usuários, das tarefas e dos ambientes organizacionais, técnicos e físicos. Estes aspectos devem ser considerados importantes como requisitos para levantamento de dados dos usuários de salas de reunião, tais como:

- Identificar quais são os usuários da sala;
- Identificar quais são as características destes usuários (conhecimentos, habilidades, experiência, formação, treinamento, aptidões);
- Identificar os objetivos e tarefas dos usuários dentro da sala;
- Identificar as características relevantes do ambiente físico, social e cultural dos usuários;
- Especificar os requisitos dos usuários (necessidades dos usuários, contexto de uso, ergonomia, interação, mobiliário, infraestrutura, espaço, conforto ambiental).

Então, pode-se dizer que a metodologia para captura das necessidades dos usuários na sala de coordenação BIM levará em conta:

- Mapeamento de observações de reuniões de coordenação em BIM;
- Bibliografia e normas técnicas vigentes;

Segundo a Norma ABNT NBR ISO 9241-210:2011, o contexto de uso (características dos usuários, tarefas e ambiente) é a principal fonte de informação para estabelecer requisitos e uma entrada de dados essencial para o processo de projeto de sistemas interativos. Desta forma, a metodologia para se levantar os requisitos dos usuários na sala deve ser feita sobre a bibliografia existente e a partir da análise observacional das reuniões de coordenação de projetos.

Deve ser elaborado um levantamento completo de todas as necessidades que um usuário de uma sala de coordenação BIM poderá ter. O levantamento tomará como

base a interação do usuário com o espaço e os recursos (humanos, físicos ou informacionais), considerando ações que demandem infraestrutura relacionada a estes recursos. Na planilha de levantamento devem ser considerados:

- A **necessidade** do usuário em relação ao objetivo das tarefas a serem desenvolvidas dentro da sala;
- A **interface**: física ou informacional;
- O **tipo de interação**: participante-participante (P-P), participante–espaço (P-S); participante-equipamento (P-E), equipamento-equipamento (E-E), equipamento–espaço (E-S), mobiliário–equipamento (M-E), mobiliário-mobiliário (M-M), mobiliário-espaço (M-S), mobiliário-participante (M-P).

3.2 Definir leiautes para o estudo

Uma das características intrínsecas de um leiaute é a interação entre pessoas e informações. No entanto, existem outros componentes que devem ser considerados ao se elaborar um leiaute. Para o estudo dos leiautes das salas de coordenação em BIM deverão ser considerados os seguintes componentes:

- Pessoas;
- Equipamentos;
- Mobiliário;
- Informação;
- Espaço.

Além dos componentes de um leiaute, existem ações que promovem o inter-relacionamento entre estes componentes como, por exemplo, as ações de visualização e de interação. Para elaboração dos leiautes será importante a verificação das gravações em vídeo das reuniões de coordenação e análise da bibliografia.

- **Definir de critérios e métricas para a avaliação dos leiautes:**

A partir do levantamento das necessidades dos usuários e do levantamento da literatura existente deverão ser criados critérios e métricas para aplicação em um estudo de caso composto por vários leiautes da mesma sala. Deverão ser levantadas

normas técnicas e dados relativos à ergonomia aplicada a salas de reunião e visualização de telas de grandes dimensões. Também deverão ser pesquisadas informações sobre mobiliários e equipamentos que se utilizam dentro de uma sala de coordenação BIM.

- **Aplicar as métricas sobre os leiautes:**

Após a seleção dos leiautes para estudo de caso, deverão se aplicar as métricas definidas.

3.3 Aplicar análise multicritério para classificação das métricas

Com o propósito de entender qual a relação de importância entre todas as necessidades descritas no item 3.1 deste trabalho, propõe-se a aplicação do método de decisão multicritério no qual os fatores são arranjados de acordo com uma hierarquia estrutural, *Analytic Hierarchy Process* (SAATY,1980). Uma vez selecionados, os fatores serão distribuídos em uma estrutura hierárquica descendente, partindo de um objetivo geral para critérios, subcritérios e alternativas em sucessíveis níveis. Todos os fatores deverão ser comparados em conjuntos de objetos pertencentes à mesma classe. Os julgamentos entre os critérios e entre subcritérios serão feitos aos pares. A questão a ser respondida quando se compara dois critérios é do tipo: “considerando os dois critérios que estão sendo comparados, qual deles é mais importante levando-se em consideração o uso de uma sala de coordenação BIM?”. Quando não se tem uma escala padrão para medir algo, deve-se fazer comparações e obter medidas relativas a partir delas (SAATY,1990). Psicólogos cognitivos reconheceram há algum tempo que há duas formas de comparação que as pessoas são capazes de fazer: absoluta e relativa. Nas comparações relativas, as alternativas são comparadas em pares de acordo com um atributo comum, habitual. Já nas comparações absolutas as alternativas são comparadas com um padrão já pré-existente na memória das pessoas e que foi desenvolvido através da experiência. A medida absoluta também é chamada em algumas vezes de *rating*. Ela é aplicada para classificar alternativas independentes

das quais a escolha é feita em termos de intensidades de classificação para cada um dos critérios.

As comparações par-a-par devem ser feitas sempre como o objetivo de julgar a importância relativa dos critérios na avaliação da qualidade do leiaute. Nas comparações é utilizada uma escala proposta pelo autor, que se chama escala fundamental. Esta escala tem intensidade de 1 a 9 de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Escala fundamental AHP

Tabela: Escala Fundamental de Saaty (1980)		
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Saaty(1980)

Segundo o autor, o conhecimento e experiência individual são inadequados quando relativos a tomadas de decisão que dizem respeito ao bem estar de um grupo. Nesse caso, a participação de todos é necessária, com troca de ideias entre os participantes (SAATY, 1990).

- **Determinar o Vetor de Prioridades de cada nível da hierarquia**

Deverá ser preparado um esquema hierárquico com todos os critérios e subcritérios que foram definidos para a análise dos leiautes.

- **Classificar os Leiautes de acordo com a análise multicritério (AHP *Analytic Hierarchy Process*):**

A partir da medição de todos os leiautes se fará a classificação da métrica obtida dentro das faixas da análise de prioridades.

- **Teste e Avaliação de leiautes (construto):**

Esta representa a fase 4 da metodologia CR (*Constructive Research*), como proposta por Oyegoke(2011). Nesta fase será demonstrado que o constructo funciona. De acordo com este autor, o método mais apropriado para testar e melhorar um constructo é através de um estudo de caso-piloto. Ainda segundo este autor, somente a evidência gerada por fonte primária com base em pesquisa empírica ou experimental permite fazer declarações sobre causalidade.

Na presente pesquisa, deverá ser feito o estudo de caso sobre os leiautes melhor e pior avaliados de acordo com a aplicação da análise multicritério.

3.4 Elaborar levantamento e classificação dos possíveis dispositivos a serem aplicados

Considerando os levantamentos feitos na literatura e nas gravações das reuniões, deverá se elaborar uma lista de possíveis equipamentos a serem testados em salas de coordenação em BIM.

4 RESULTADOS

4.1 Mapeamento dos fluxos de reunião tradicional e reunião BIM

Observando-se os fluxos propostos para as reuniões de coordenação baseadas em papel, obteve-se como resultado que algumas atividades são essenciais em relação às ações e trocas de documentos. Entender esta importância visa à futura identificação de informações necessárias para suporte a estes usuários e atividades. Os fluxos apresentam atividades bastante parecidas, independentemente da fase do projeto a qual se destina a reunião.

O fluxo de uma reunião de *start up*, apresentado na Figura 8, por exemplo, mostra:

- Elaboração de convocação de reunião;
- Início da reunião, apresentação dos presentes;
- Apresentação do estudo preliminar pelo arquiteto a todos;
- Apresentação das regras administrativas da coordenação pelo coordenador a todos;
- Estabelecimento das trocas de informações durante o processo de projeto;
- Discussão dos dados de entrada da construtora/incorporadora;
- Premissas técnicas de fundação/contenção;
- Discussão do *briefing* de paisagismo;
- Necessidades preliminares de instalações;
- Necessidades de estrutura;
- Definição de datas preliminares para elaboração de cronograma de projeto.

Todas estas ações têm os seus devidos agentes (quem faz a ação), receptores (quem recebe a ação), bem como documentos relacionados a elas e infraestrutura atual, baseada em 2D.

Figura 8 - Fluxo de uma reunião de coordenação na fase start up

Fonte: Autora

A Figura 9 demonstra um exemplo do fluxo sobre projeto em 3D identificado para a fase de estudo preliminar de um projeto da área imobiliária.

Algumas ações que ocorrem no fluxo de reunião em 2D também ocorrem no de 3D como, por exemplo:

- Início da reunião, apresentação dos presentes;
- Apresentação das regras administrativas da coordenação pelo coordenador a todos;
- Estabelecimento das trocas de informações durante o processo de projeto;
- Discussão dos dados de entrada da construtora/ incorporadora.

No entanto, o conteúdo expresso, por não ser baseado em papel, mostra a necessidade de aparatos que suportem esta necessidade de infraestrutura para este tipo de reunião. As ações observadas abaixo evidenciam esta exigência:

- Apresentar o modelo tridimensional;
- Apresentar o relatório de interferências baseado no modelo tridimensional;
- Apresentar plantas, cortes e elevações do projeto em equipamentos que permitam a todos vê-los ao mesmo tempo;
- Registrar ata;
- Registrar tomadas de decisão de projeto em relação à análise de interferências.

Figura 9 - Fluxo de reunião em BIM

4.2 Formulário para captação das informações das gravações

Com base nas revisões dos fluxos e no levantamento bibliográfico, foram definidos requisitos para serem levantados nas observações das gravações em vídeo. Os itens a seguir foram determinantes para a elaboração de uma planilha para coleta e análise dos dados:

- **Papel do agente na reunião:** Coordenador, Assistente de Coordenador, Incorporador, Construtor, Arquiteto, Engenheiro Estrutural, Engenheiro de

Instalações, Engenheiro de Ar Condicionado, Consultor de impermeabilização, Consultor de Hotelaria, Consultor de aquecimento solar, Paisagista);

- **Ações realizadas durante a reunião:** Visualizar, marcar, medir, criar. Estas ações foram consideradas porque são executadas sobre papel. A infraestrutura desta sala tradicional somente oferece suporte a ações feitas sobre papel. Desta forma, as demais ações não são relevantes para este estudo;
- **Destino da comunicação:** Para si próprio, para um determinado grupo ou para todos;
- **Tipos de documentos analisados:** Texto, planta impressa, arquivo CAD 2D, imagens e croquis.

Para a análise dos vídeos gravados, adotou-se as seguintes definições e critérios:

Agente é o participante da reunião que faz a ação ou a comunicação. Quando houver um ou mais participantes na reunião com o mesmo papel (por exemplo, dois ou mais arquitetos), suas ações foram aglutinadas na mesma função quando da análise dos dados. A exceção a este caso foi quando o agente fazia uma ação para ele mesmo como, por exemplo, ler um texto para si ou fazer alguma anotação. Nestes casos, a ação foi contada como unitária. A comunicação foi analisada considerando-se os papéis desempenhados pelos participantes da reunião. Desta forma, pode-se garantir que os requisitos dos mesmos possam ser atendidos. Além dos papéis mencionados acima, “um grupo” e “todos os participantes” também foram listados como possíveis agentes da ação.

Ação é um ato de comunicação realizado por um agente. Por uma questão de simplicidade, ações dirigidas a si mesmo também serão chamadas ações de comunicação. As quatro ações consideradas relevantes para este estudo foram:

- **Visualizar um documento** (texto escrito, uma planta impressa, uma imagem, etc.), apenas para si mesmo ou mostrá-lo aos outros participantes. Esta ação englobou também a ação de “apontar”;
- **Marcar um documento** individual ou compartilhado (um texto, um projeto, etc., com nuvem de revisão, sublinhado no texto, etc.);
- **Medir** (uma planta, um desenho CAD 2D, etc.) mantendo a leitura para si ou para mostrá-la a um grupo ou a todos os participantes;
- **Criar** (um texto, um desenho CAD 2D, um esboço, etc.) para si ou para mostrá-lo aos outros participantes.

Destino da comunicação é o destino da ação. Pode ser a si mesmo (como a leitura silenciosa de um texto), um grupo (por exemplo, apontando em um projeto para os participantes ao redor do desenho) ou todos os participantes (como ao mostrar uma imagem na tela de projeção).

E, por fim, os **tipos de documentos** referem-se ao objeto da ação registrada. Pode ser um texto, uma planta impressa, um desenho CAD 2D, uma imagem ou um esboço. É importante notar que, nesta fase, foram analisadas apenas reuniões convencionais (análise baseada em papel). Portanto, modelos ou animações em 3D, comuns em reuniões baseadas em processos BIM, não serão encontrados nestes registros apresentados.

Os tipos de documentos se repetem nas ações descritas acima, com exceção de “medir um texto” ou “criar uma planta impressa” que não fazem sentido.

Os dados sobre o empreendimento, data da reunião (gravação em vídeo), fase do projeto e pauta da reunião também foram registrados para posterior análise.

Considerando todos os aspectos mencionados anteriormente, a forma da planilha final criada para a coleta de dados é mostrada na Figura 10.

Figura 10 - Planilha para coleta dos dados

EMPREENDIMENTO:				DATA:				FASE:				PAUTA:																	
AGENTE:		COORD			INCorp			CONSTRUT			ARQ			ESTRUT			INSTAL			...			N			TODOS			TOTAL
DESTINO:		0	N	TODOS	0	N	TODOS	0	N	TODOS	0	N	TODOS	0	N	TODOS	0	N	TODOS	...	0	N	TODOS	0	TODOS				
VISUALIZAR	TEXT0																			...									
	PLANTA IMPRESSA																			...									
	CAD 2D																			...									
	IMAGEM																			...									
	CROQUI																			...									
MARCAR	TEXT0																			...									
	PLANTA IMPRESSA																			...									
	CAD 2D																			...									
	IMAGEM																			...									
	CROQUI																			...									
MEDIR	PLANTA IMPRESSA																			...									
	CAD 2D																			...									
	IMAGEM																			...									
	CROQUI																			...									
CRIAR	TEXT0																			...									
	CAD 2D																			...									
	IMAGEM																			...									
	CROQUI																			...									
TOTAL																				...									

Fonte: Autora

4.3 Gravação e análise das reuniões em vídeo

O tipo de amostragem escolhida para análise foi a acidental, ou seja, não houve critério de separação por etapas de projeto ou por tipologia de empreendimento. Após o recebimento das autorizações por parte dos incorporadores e construtores para a realização das gravações em vídeo, a reunião estava liberada para ser gravada.

Para organização das informações recolhidas em cada reunião, foram organizadas fichas que contêm todas as informações pertinentes ao empreendimento gravado, tais como nome, tipologia, área construída, empresas, número de participantes e seus papéis na reunião, data da reunião, fase do projeto, local da reunião, infraestrutura e um croqui da disposição dos participantes bem como da câmera de vídeo (Apêndice A).

Uma câmera de vídeo, um tripé e outros dispositivos simples como um *notebook* foram usados para gravar as reuniões em vídeo. Juntas, essas gravações ultrapassaram 100 horas de vídeo, capturadas entre março e novembro de 2013.

O levantamento dos dados sobre as reuniões gravadas ocorreu simultaneamente às gravações em vídeo e foi finalizado em novembro de 2013. Com o auxílio de um tripé, a câmera foi posicionada de modo que todos os participantes e os documentos sobre a mesa de reunião pudessem ser vistos conforme definido pelo item 3.1 da metodologia. Foram gravadas reuniões somente de projetos sob coordenação de empresa especializada nesta atividade.

As gravações em vídeo foram assistidas com o auxílio do software Media Player Classic Home Cinema, que continha *fast forward* para agilização do trabalho. Todas as ações listadas no item 4.2 e os padrões de comunicação definidos no item 3.1 foram anotados assim que aconteciam. Como várias ações eram muito repetitivas como, por exemplo, criação de um texto, foi estabelecida uma regra da seguinte forma:

- Será considerada uma só ação em caso de ações repetidas executadas pela mesma pessoa em intervalo menor que um minuto;
- Serão consideradas duas ações independentes, ou seja, contadas duas vezes, as ações executadas pela mesma pessoa em intervalo maior que um minuto, pois considerou-se que poderiam ser ações em contextos diferentes da reunião;
- Ações simultâneas executadas por duas pessoas diferentes, mesmo que tenham o mesmo papel na reunião serão aglutinadas.

O tempo de um minuto foi adotado em razão de ser considerado um prazo adequado para justificar a mudança de contexto dentro da reunião.

Todos os representantes das disciplinas participantes do empreendimento estavam presentes em algumas reuniões, mas não em todas elas (Figura 11). Um total de 4.010 ações foi registrado manualmente a partir da análise dos vídeos gravados, conforme a metodologia detalhada. Os projetos se encontravam em fases diferentes de acompanhamento, seja *start up*, estudo preliminar ou pré-executivo.

Ao analisar-se as primeiras gravações, percebeu-se quais eram as ações mais frequentes e também alguns padrões de comunicação entre os presentes.

Figura 11 - Exemplo de uma reunião de coordenação gravada

Fonte: Autora

Os resultados obtidos com a captura dos dados das gravações em vídeo foram classificados de acordo com o estágio do projeto (estudo preliminar, pré-executivo) e a tipologia de produto (comercial, residencial ou uso misto), conforme indicam as Figura 12 e 13.

TFigura 12 - Distribuição dos tipos de empreendimentos estudados

Fonte: Autora

Figura 13 - Distribuição das fases de projeto dos empreendimentos no momento da gravação

Fonte: Autora

A participação em reunião foi computada de acordo com a função do participante (Figura 14) de forma a apoiar futuramente a priorização dos gastos com a infraestrutura para a sala de coordenação interativa. A partir da tabulação dos resultados sobre a frequência de participantes observou-se que em média, havia 2,7 coordenadores para cada 5 projetistas, por reunião de coordenação.

A Tabela 4 mostra o número total de ações por tipo de ação e de documentos. Os resultados mostram que as ações podem ser agrupadas em quatro grupos:

- Ações de alta frequência (33% a 50%): visualização de planta e criação de texto;
- Ações de baixa frequência (3 a 5%): visualizar texto, mark-up em planta e criação de esboço;
- Ações muito baixa frequência (1 a 2,5%): visualizar desenho CAD 2D, visualizar imagens, mark-up em texto e medida em planta;
- Frequências irrelevantes (<1% de todas as ações): todo o resto dos tipos de ações.

Figura 14 - Participação em reuniões de acordo com a especialidade

Fonte: Autora

4

Tabela 4 - Número total de ações por tipo de documento e objetivos na reunião

AÇÃO	DOCUMENTO	0	N	TODOS	# AÇÕES	%AÇÕES
VISUALIZAR	TEXTO	129	6	19	154	4.8%
	PLANTA IMPRESSA	403	153	995	1551	48.1%
	CAD 2D	18	2	36	56	1.7%
	IMAGEM	39	13	22	74	2.3%
	CROQUIS	5	2	4	11	0.3%
	SUBTOTAL	594	176	1076	1846	57.3%
MARCAR	TEXTO	27	0	4	31	1.0%
	PLANTA IMPRESSA	70	2	30	102	3.2%
	CAD 2D	0	0	0	0	0.0%
	IMAGEM	0	0	0	0	0.0%
	CROQUIS	0	0	0	0	0.0%
	SUBTOTAL	97	2	34	133	4.1%
MEDIR	PLANTA IMPRESSA	3	1	33	37	1.1%
	CAD 2D	0	0	1	1	0.0%
	IMAGEM	0	0	0	0	0.0%
	CROQUIS	0	0	0	0	0.0%
	SUBTOTAL	3	1	34	38	1.2%
CRIAR	TEXTO	1068	0	1	1069	33.2%
	CAD 2D	0	0	0	0	0.0%
	IMAGEM	0	0	0	0	0.0%
	CROQUIS	64	7	63	134	4.2%
	SUBTOTAL	1132	7	64	1203	37.4%
TOTAL		1826	186	1208	3220	100.0%

Fonte: Autora

⁴ “0” – ação de uma pessoa para ela mesma; “N” – Ação de um grupo de duas pessoas ou mais

A planilha com totais para cada tipo de profissional referente ao levantamento de todas as gravações em vídeo se encontra no Apêndice B.

4.4 Levantamento das necessidades para os usuários de reuniões em BIM

A segunda atividade da Fase 3 da metodologia CR enfocou o levantamento das necessidades dos usuários de salas de coordenação BIM.

Com base no levantamento das ações recolhidas através da observação de reuniões baseadas em papel e também da realização e análise de gravação em vídeo de 10 reuniões de coordenação de projetos baseados em softwares paramétricos, foram levantados requisitos dos usuários para uma sala de coordenação em processo BIM. Para este levantamento também foram levadas em consideração a bibliografia e normas técnicas vigentes.

As gravações dessas dez reuniões foram analisadas com foco nas ações ocorridas durante as reuniões e na existência ou não de infraestrutura para atendimento a estas ações. As ações levantadas tinham relação com a interação entre os participantes da reunião e a análise do projeto sem utilização de papel ou outros recursos que remetam ao papel (lápiz, caneta, etc.). Os usuários que participaram destas reuniões interagem com os equipamentos disponíveis – tela de grandes dimensões, 2 projetores comuns, notebook, apontadores a laser, mouse sem fio, teclado com fio e *track ball*. As reuniões levantadas foram, em geral, com a mesma equipe e no mesmo local. O local foi uma sala de reuniões improvisada no canteiro de obras.

Foi elaborado um levantamento completo de todas as necessidades que um usuário de uma sala de coordenação BIM poderia ter. O levantamento tomou como base a interação do usuário com o espaço e os recursos (humanos, físicos ou informacionais), considerando ações que demandassem infraestrutura relacionada a estes recursos. Na planilha de levantamento das necessidades foram considerados:

- A **necessidade** do usuário em relação ao objetivo das tarefas a serem desenvolvidas dentro da sala;
- A **interface**: física ou informacional;
- O **tipo de interação**: participante-participante (P-P), participante–espaço (P-S); participante-equipamento (P-E), equipamento-equipamento (E-E), equipamento–

espaço (E-S), mobiliário–equipamento (M-E), mobiliário-mobiliário (M-M), mobiliário-espaço (M-S), mobiliário-participante (M-P).

Foram classificadas mais de cem necessidades que se encontram no Apêndice C. Após esta análise, estas necessidades foram aglutinadas gerando uma classificação de seis necessidades básicas dos participantes de reuniões de coordenação em BIM, exigências que podem interferir e alterar o leiaute de uma sala de coordenação, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Necessidades dos usuários das salas de coordenação em BIM

Interface	Interação	Necessidade
F	P-E	Visualização de informações
F	P-P	Interatividade
F	E-S	Infraestrutura elétrica e rede
F	P-M	Mobiliário
F	M-S	Espaço físico
F	P-S	Conforto ambiental

Fonte: autora

Visualização de informações: necessidade de todos visualizarem um projeto, uma imagem, um texto, uma planilha de dados ou um vídeo;

Interatividade: necessidade de comunicação e interação interpessoal de modo que os participantes possam enxergar uns aos outros e se comunicar;

Infraestrutura elétrica/rede: necessidade que a sala deve atender para alimentar e conectar equipamentos de usuários externos, tais como *notebook*, *tablets* ou *smartphones*;

Mobiliário: necessidade que a sala deve satisfazer a fim de proporcionar conforto e assento aos usuários e apoio para equipamentos externos e objetos pessoais, tais como *notebook*, caderno de anotações, *tablets*;

Espaço Físico: necessidade que a sala deve satisfazer com relação à circulação dos usuários, colocação do mobiliário e espaço para assento das pessoas;

Conforto Ambiental: parâmetros mínimos necessários de iluminação, temperatura e acústica para que os usuários possam participar com conforto de uma reunião.

Algumas necessidades não são contempladas na análise, pois não alteram um leiaute de uma sala de coordenação, no entanto merecem comentários. As necessidades de se fazer um croqui digital explicativo que é uma interação P-E que envolve suporte de equipamentos específicos dentro da sala como *tablets*, *notebook* e/ou câmera de documentos para que todos visualizarem o croqui. A necessidade de se digitar uma

ata de reunião uma atividade P-E, envolve a sala ter equipamento de entrada de dados como *mouse*, teclado, *notebook*, *tablet* e o *software* de edição de textos.

4.5 Leiautes definidos para estudo

A partir da observação das 26 reuniões tradicionais e mais 10 reuniões baseadas em BIM pôde-se concluir sobre a existência de elementos relevantes nas salas de coordenação de projetos. Em uma sala de coordenação de projetos foram observados os participantes, o mobiliário e o equipamento (hardware e software). Estes elementos se inter-relacionam entre si bem como com o espaço onde estão contidos. As interações ocorrem de forma física, por exemplo, uma pessoa senta em uma cadeira, ou de modo informacional, por exemplo, inserção de um modelo tridimensional em um notebook para ser exibido em uma tela de grande dimensão. A Figura 15 ilustra estes aspectos.

Figura 15 - Interações dentro de uma sala de coordenação

Fonte: Autora

- **Características de visualização e interação dos elementos da sala (participantes, equipamentos, mobiliário e espaço):**

Segundo Ferreira (2010), visualização é ter a percepção visual de algo. Considerando o contexto da sala de coordenação, os participantes de uma reunião de projetos necessitam visualizar uns aos outros para que possam conversar, mostrar documentos, trocar informações escritas, trocar informações não verbais através de gestos, visualizar os equipamentos e as informações que estão sendo mostradas nos mesmos. A visualização é diferente de interação. Segundo o mesmo autor, a interação é uma ação que se exerce mutuamente entre duas ou mais coisas, duas ou mais pessoas. Neste caso o comportamento de um dos componentes é afetado pelo outro, diferentemente da visualização, onde não temos interferência no outro (seja pessoa ou objeto). No caso do contexto da sala de reunião, a interação poderá se dar entre todos os componentes que constam na Figura 15.

Foram considerados **participantes** todos os indivíduos que estão dentro da sala de reunião participando da reunião de projetos. Eles desenvolvem a função de vivenciar e usar o espaço. São os agentes e protagonistas da reunião e são os usuários do leiaute. Estes indivíduos podem agir **visualizando** uns aos outros no leiaute, visualizando informações e equipamentos **ou interagindo** entre eles mesmos, com os demais, com as informações, os equipamentos, o mobiliário e o espaço. No contexto de uma sala de reunião, os participantes precisam visualizar os outros participantes no processo de comunicação para que a compreensão, explicação do projeto, possa ser plena. Através do levantamento das gravações em vídeo de reuniões convencionais de projeto, observou-se que participantes com um mesmo papel em uma reunião tendem a sentarem-se uns ao lado dos outros, o que podemos chamar de “adjacências funcionais”. Estas adjacências podem facilitar o processo de interação entre os mesmos papéis. A **interação entre os participantes** da reunião se dá através de troca de informações, tomada de decisão em projeto, críticas e mudanças no projeto, comparação entre soluções de modelos simultaneamente, interferência nestas soluções, resolução de dúvidas de projetos e de interferências entre as disciplinas. Pessoas trocam experiências e conhecimentos durante uma reunião de projetos, além de aprenderem uns com os outros. As pessoas podem ser ativas na transmissão do conhecimento e informação do projeto ou passivas no

recebimento das mesmas. Profissionais das diversas especialidades vão às reuniões para trocar experiências, aprender e resolver problemas técnicos e de produtos dos projetos.

Os participantes também **visualizam informações** apresentadas durante a reunião. Estas informações podem ser apresentadas das mais diversas formas: por escrito (em forma de texto), em planilhas eletrônicas impressas, em desenhos impressos, ou nos mesmos itens em forma digital, projetadas em tela de grande dimensão para que todos possam visualizar ao mesmo tempo, ou em outras opções, com telas menores para um pequeno grupo ou apenas dois participantes. Em uma reunião de apresentação com coordenação 3D, a **visualização das informações** em meio digital é predominante, uma vez que o meio de apresentação determina o equipamento e a forma de visualização e facilita o compartilhamento das informações.

Os participantes de uma reunião também interagem com as informações discutidas e apresentadas dentro da sala. Esta interação pode ter caráter de análise de questões de projeto, análise de cronogramas e memorial descritivo, anotações em projetos ou modelos tridimensionais, anotações pessoais ou coletivas (em software específico de análise de interferências). Uma vertente importante da interação entre pessoas e informações é a capacidade de arquivamento, indexação e recuperação de dados das reuniões de coordenação. Embora as atas de reunião possam fornecer pistas de recuperação para a memória humana, parece claro que a informação audiovisual pode fornecer um registro mais rico, desde que estes dados possam ser devidamente ou automaticamente anotados e eficientemente recuperados (CHARIF; MCKENNA, 2006).

Os **equipamentos** são todos os artefatos e ferramentas disponíveis em uma sala que facilitam e promovem o apoio às reuniões de coordenação de projetos. Com o advento de ambientes virtuais, realidade aumentada, computadores e outras tecnologias *offdesk*, os incorporadores, construtores, estudantes e pesquisadores precisam se habituar com todo o aparato necessário para gerir estas reuniões e focarem-se no objetivo que é o trabalho do projeto. É preciso entender quais são as interfaces dos usuários com o mundo 3D pois muitas vezes, com novas tecnologias novos problemas podem ser revelados.

Novos tipos de interface estão presentes dentro da sala de coordenação digital, além dos *mice*, teclados, monitores, windows, menus e ícones. Pode-se citar dispositivos

de entrada como os de rastreamento digital, mouse 3D, *tablets* de última geração ou mesmo dispositivos que permitem a entrada de dados baseada em gestos. Outros dispositivos de saída também podem ser citados como projeção em telas estereoscópicas, óculos de visualização (como *Oculus Rift*⁵), sistema de áudio espacial e sistemas táteis como telas e mesas. Apesar de viver-se em um mundo 3D, não é a mesma coisa quando tem-se que entender a realidade virtual devido às restrições e capacidades de ação que muitas vezes estão presentes no mundo virtual porém não no mundo real.

Os participantes da reunião também **interagem com os equipamentos** que estão dentro da sala de coordenação ou que trouxeram para participar da reunião. Em geral, computadores pessoais são tecnologias acessíveis e conhecidas pela maioria dos usuários (tipo *plug and play*). A questão é quando se envolvem equipamentos relacionados à realidade virtual ou 3D na sala de reuniões (BOWMAN et al., 2005).

À medida que os usuários passam a usar e conhecer a nova tecnologia, aos poucos ela passa a se incorporar ao dia-a-dia das reuniões. Por exemplo, o uso de um simples apontador a laser. A partir do momento em que se retira o papel e o lápis, os usuários passam a interagir com a tela ou com a mesa tátil. Quando têm a necessidade de apontar alguma coisa na tela, a primeira reação é a de se levantar de seu lugar, ir até a tela e apontar diretamente. Em um primeiro momento, o apontador a laser é um objeto estranho. Depois de duas ou três reuniões, observou-se nas reuniões gravadas que o mesmo usuário já não traz mais tanto papel para a reunião e passa a se apropriar do apontador a laser naturalmente. Percebeu-se que aos poucos os usuários vão ganhando maturidade com a tecnologia e passam a utilizá-la, substituindo antigas práticas utilizadas nas reuniões de coordenação. Observou-se que quanto mais cresce a maturidade do usuário, aumenta-se o impacto positivo sobre os benefícios de uso da tecnologia.

A **visualização dos equipamentos** pelos usuários da sala está relacionada com o tipo de equipamento a ser utilizado. Por exemplo, telas de grandes dimensões utilizadas para visualização e modelos tridimensionais necessitam ser visualizadas por todos os participantes. Equipamentos pessoais, como *tablets* ou notebook pessoal, somente serão visualizados por todos caso seja de interesse para a tarefa em discussão.

---

⁵ <http://www.oculus.com>

Os **equipamentos** também devem ter **interação** entre si: se um participante externo a reunião trazer dados em um *tablet*, deverá ser possível conectar este *tablet* a uma tela de grande dimensão ou a uma mesa tátil para discussão com outros participantes. Desta forma, as possibilidades de ligação entre equipamentos devem ser previstas na sala de coordenação. Estas possibilidades também estão interligadas com infraestrutura básica da sala, ou seja, pontos de rede, pontos de energia, iluminação e outros.

Os participantes da reunião também interagem com o **mobiliário**, na medida em que fazem um ajuste de altura de cadeira ou de encosto, por exemplo, para melhorar seu conforto. Este mobiliário está contido no espaço da reunião, ou seja, no espaço físico da sala de reuniões. Deve oferecer condições de passagem, circulação.

Para o presente estudo foram definidos 14 tipos de leiautes a serem avaliados. O espaço destinado à montagem dos leiautes foi uma sala de reuniões de 5,96m x 4,71m. Foram colocadas 6 mesas de 1,20m (comprimento) x 0,60m (largura) x 0,77m (altura), com 12 cadeiras, 12 participantes, dois projetores interativos com telas móveis de 96 polegadas.

Alguns leiautes foram determinados para teste da metodologia. Ao se observar os leiautes L2, L8 e L12 verifica-se que eles têm pessoas sentadas de costas para uma das telas de projeção. Obviamente este não é a posição indicada para uma sala de coordenação de projetos no entanto estes leiautes aparecem desta forma para averiguação das métricas e critérios propostos.

Considerando estes elementos, os leiautes propostos apresentam-se Figura 16.

Figura 16 - Leiautes avaliados

Fonte: Autora

4.6 Critérios e Métricas definidos para medição dos leiautes

Para cada uma das 6 necessidades dos usuários levantadas na Tabela 5, foram criados critérios e métricas para avaliação da qualidade dos leiautes em relação a elas, descritos abaixo:

Necessidade 1 (visualização de informações): para esta necessidade foram estabelecidos 3 critérios e respectivas métricas que dizem respeito ao relacionamento entre o participante da reunião e a tela de projeção:

Critério 1.1: para visualização confortável da tela, o **ângulo horizontal (A)** com que o observador tem que girar o olho, a cabeça e/ou o corpo para enxergar toda a área de visualização deve ser baixo. Para que um observador não precise mexer o olho ao ver algum objeto ou imagem, a variação de ângulo é

de 0 a 20 graus para cada lado. Se esta variação estiver entre 20 e 35 graus, o observador terá que mexer o olho. Se for entre 35 e 55 graus, terá que mexer a cabeça e, se maior que 55 graus, terá que girar o corpo ou a cadeira em que estiver sentado (PANERO; ZELNIK, 1979).

Métrica 1.1: deve ser traçada uma reta entre o participante e as arestas esquerda e direita da tela (se forem duas telas justapostas, considerar a largura total das duas). Os ângulos correspondentes a estas duas retas foram medidos para todos os participantes em todos os leiautes e categorizados de acordo com as faixas $A < 40^\circ$; $40^\circ < A < 70^\circ$; $70^\circ < A < 110^\circ$ e $A > 110^\circ$, sendo anotados em uma planilha de dados, conforme a Figura 17.

Figura 17 - Aplicação da métrica de ângulo horizontal

Fonte: Autora

Critério 1.2: a **porcentagem de oclusão da tela** percebida pelo observador a partir de seu posicionamento na sala, considerando os demais participantes, deve ser pequena. Para avaliar sob este critério, a métrica adotada foi a

porcentagem da tela bloqueada pelo corpo dos demais participantes (supondo um manequim padronizado) a partir do ponto de vista do participante considerado.

Métrica 1.2: para fazer essa medição, uma imagem do ambiente a partir desta posição foi gerada em aplicativo de modelagem 3D e exportada para aplicativo de tratamento e análise de imagem onde são contadas as quantidades de pixels ocultos e não ocultos na região da tela (ferramenta de histograma). Da relação entre as duas áreas, foi calculada a área de oclusão da tela. Ao invés de modelo virtual, é possível a utilização de fotografia da sala com participantes típicos, porém este processo é mais demorado e trabalhoso. As porcentagens foram categorizadas em 4 faixas de obstrução: 0-5%; 5,1 a 10%; 10,1 a 15% e >15%. Todas as porcentagens encontradas de obstrução foram anotadas em uma planilha conforme Figura 18 e Figura 19.

Figura 18 - Geração de imagem em aplicativo 3D

Fonte: Autora

Figura 19 - Análise da imagem em aplicativo de tratamento de imagem

Fonte: autora

Critério 1.3: o **máximo ângulo vertical** entre a aresta superior da tela e a horizontal na altura do olho do observador deve ser pequeno. Ângulo até 30° (para frente ou para trás com a cabeça) representa movimento confortável. Ângulo entre 30 e 50° dorsal (máximo ângulo para a cabeça humana); e ângulo entre 30 e 40° ventral (máximo ângulo para cabeça humana) (PANERO, ZELNIK; 1979).

Métrica 1.3: para cálculo da métrica correspondente, em planta traçou-se a linha de corte do usuário em relação ao centro da tela. Em uma vista em corte, traçou-se uma linha perpendicular da altura do olho do usuário até o centro da tela de projeção e até a aresta superior. Mediu-se o ângulo α entre o usuário e a aresta superior da tela. Os ângulos foram categorizados em faixas: $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$; $30^\circ < \alpha \leq 50^\circ$; e $\alpha > 50^\circ$ de acordo com o critério. Todos os Ângulos encontrados foram registrados em uma planilha, conforme Figura 20.

Figura 20 - Medição máximo ângulo vertical

Fonte: Autora

Necessidade 2 (**Interatividade**): para esta necessidade foi estabelecido um critério que medisse o grau de relacionamento e interatividade entre os participantes da reunião. Foram consideradas as variáveis de “obstrução do interlocutor”, “distância entre locutor e interlocutor” e o “ângulo entre eles”. As métricas foram baseadas na relação entre um participante e outro.

Métrica 2.1: para medição da **obstrução do participante**, foi considerada uma linha reta entre a cabeça do locutor e a cabeça do interlocutor. Se entre estes dois pontos houver outro participante considera-se existência de obstrução. Se não houver obstrução atribui-se zero à medição e se houver obstrução atribui-se valor 1 à medição. Estes dados foram registrados em uma planilha, conforme a Figura 21.

Figura 21 - Medição de obstrução do participante

Fonte: Autora

Métrica 2.2: para avaliação da **distância**, foram medidas as distâncias entre os dois participantes e classificadas em 4 faixas: até 1,40m; de 1,40 a 2,40m; de 2,40 a 3,00m e; acima de 3,00m. Estes dados foram registrados em uma planilha, conforme a Figura 22. A referência para esta métrica foi obtida através de estudo observacional em reuniões de coordenação de projeto relatadas no item 4.3 desta pesquisa.

Figura 22 - Medição de distância

Índice de Interatividade												
Distância	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,62	1,8	2,29	2,82	3,37	5,07	5,04	4,72	5,26	5,07	5,04
2	0,62	0	1,49	2,05	2,63	3,21	3,43	3,92	4,41	4,99	5,04	5,07
3	1,8	1,49	0	0,6	1,19	1,78	2,03	2,47	2,95	3,52	3,69	3,82
4	2,29	2,05	0,6	0	0,59	1,19	1,67	2,02	2,44	2,98	3,1	3,26
5	2,82	2,63	1,19	0,59	0	0,59	1,46	1,66	1,99	2,47	2,52	2,71
6	3,37	3,21	1,78	1,19	0,59	0	1,49	1,46	1,64	2,02	1,94	2,19
7	5,07	3,43	2,03	1,67	1,46	1,49	0	0,58	1,14	1,78	2,99	3,42
8	5,04	3,92	2,47	2,02	1,66	1,46	0,58	0	0,56	1,2	2,58	3,1
9	4,72	4,41	2,95	2,44	1,99	1,64	1,14	0,56	0	0,64	2,27	2,82
10	5,26	4,99	3,52	2,98	2,47	2,02	1,78	1,2	0,64	0	2,03	2,63
11	5,07	5,04	3,69	3,1	2,52	1,94	2,99	2,58	2,27	2,03	0	0,62
12	5,04	5,07	3,82	3,26	2,71	2,19	3,42	3,1	2,82	2,63	0,62	0

Fonte: Autora

Métrica 2.3: O **ângulo** que o locutor tem que girar para interagir com o interlocutor foi medido. Foram consideradas 4 faixas de classificação: 0° a 45°; 45° a 90°; 90° a 135° e; 135° a 180°. Os dados encontrados foram registrados em uma planilha de dados, conforme a Figura 23.

Figura 23 - Medição de ângulo

Índice de Interatividade												
Ângulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	90	90	90	68,82	56,31	44,39	37,09	26,75	18,57	9,54	0
2	90	0	90	90	61,56	47,02	35,01	28,41	18,57	9,54	0	9,54
3	90	90	0	90	48,04	32,87	22,87	18,05	9,54	0	9,54	18,57
4	90	90	90	0	20,69	12,38	8,15	6,31	0	9,54	18,57	27,75
5	68,82	61,56	48,04	20,69	0	90	90	90	83,61	71,74	61,29	52,56
6	56,31	47,02	32,87	12,38	90	0	90	90	81,89	67,24	55,13	45,76
7	44,39	35,01	22,87	8,15	90	90	0	90	77,72	57,34	43,21	33,91
8	37,09	28,41	18,05	6,31	90	90	90	0	68,48	40,73	27,41	20,36
9	26,75	18,57	9,54	0	83,61	81,89	77,72	68,48	0	90	90	90
10	18,57	9,54	0	9,54	71,74	67,24	57,34	40,73	90	0	90	90
11	9,54	0	9,54	18,57	61,29	55,13	27,41	27,41	90	90	0	90
12	0	9,54	18,57	27,75	52,56	45,76	20,36	20,36	90	90	90	0

Fonte: Autora

Necessidade 3 (Infraestrutura): o critério estabelecido para esta necessidade diz respeito à quantidade de tomadas de uso geral que há na sala para ligar os equipamentos dos participantes da reunião.

Métrica 3.1: A métrica estabelece que a quantidade de tomadas por participante da reunião deve ser aferida. Foram consideradas três faixas: menos que 1/2 tomada por pessoa; 1/2 tomada por pessoa e 1 tomada por pessoa. A referência utilizada para estabelecimento desta métrica foi o estudo observacional em reuniões de coordenação de projetos.

Necessidade 4 (Mobiliário): o critério estabelecido para esta necessidade diz respeito ao tamanho do apoio para equipamentos portáteis trazidos pelos participantes da reunião. A referência mínima foi baseada em uma carteira escolar com dimensões de 37cm de largura por 33cm de profundidade, referente a uma base mínima de apoio para um *notebook*.

Métrica 4.1: A métrica estabeleceu a medida das mesas de trabalho na classificação de três faixas para a medida de largura e profundidade: $L \times P < 37 \times 33 \text{cm}$; $37 \times 33 \text{cm} < L \times P < 80 \times 61 \text{cm}$ e; $L \times P > 81 \times 62 \text{cm}$ (PANERO; ZELNIK, 1979).

Necessidade 5 (Espaço Físico): deve-se prever o mínimo de espaço de circulação ideal para locais de reunião. Os espaços de circulação deverão ser adequados, evitando-se a interrupção das atividades na sala e possíveis acidentes durante a passagem, devido a fios, pés de mesa, suportes de equipamento, etc.

Métrica 5.1: a métrica estabeleceu que distâncias entre o encosto da cadeira com uma pessoa sentada deve ser medida até o objeto ou anteparo mais próximo. As distâncias de circulação encontradas foram classificadas em quatro faixas: $> 1,00 \text{m}$; entre $1,00 - 0,80 \text{m}$; entre $0,80 - 0,60 \text{m}$ e menor que $0,60 \text{m}$ (DIFFRIENT; TILLEY; BARDAGJY, 1979). Os dados encontrados foram registrados conforme a Figura 24.

Figura 24 - Medição de espaço físico

Fonte: Autora

Necessidade 6 (Conforto Ambiental): as questões relativas a conforto ambiental não alteram o leiaute de uma sala de reuniões. No entanto, devem ser consideradas como necessidades dos usuários e constarem como critério de análise. Temperatura confortável na sala de reuniões (entre 20°C e 23°C) deve ser garantida (MTE: 2007), bem como o nível de ruído não deve ultrapassar a faixa entre 30-40 dB(A) (NBR10152:1987). A velocidade do ar não deve ser superior a 0,75m/s (MTE:2007), a umidade relativa do ar não inferior a 40% (MTE:2007) e deve haver iluminação natural ou artificial adequada a uma sala de reunião em torno de 500 lux de luminância, 19 UGR_L de limite de ofuscamento unificado e 80 Ra de índice de reprodução de cor mínimo (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013).

4.7 Aplicação das métricas sobre os leiautes

Foram selecionadas sete métricas para serem aplicadas aos leiautes, sendo as 3 de visualização, as 3 de interatividade e a de espaço relatadas no item 4.6 desta dissertação. A justificativa para esta seleção diz respeito a serem variáveis dependentes do leiaute ao passo que infraestrutura, mobiliário e conforto ambiental são variáveis independentes deste fator. As métricas foram aplicadas aos 14 leiautes propostos.

Primeiramente, **ângulos horizontais** foram medidos conforme a métrica 1.1. Em cada um dos 14 leiautes foi verificada a medida do ângulo de cada participante da reunião em relação à tela de projeção. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12, conforme seu posicionamento na sala. Como mostrado na Figura 25, as notas obtidas com a medição para os participantes 1 a 6 foram indicadas em cores. Todos os

ângulos obtidos foram anotados de forma sistemática em uma planilha de dados conforme a Figura 25.

Figura 25 - Medição de ângulo

Fonte: Autora

Cuidados devem ser tomados para medição nos casos de leiautes em que os participantes ficam de costas para a tela, como no caso do leiaute 2 (Figura 26).

Figura 26 - Leiaute com usuários de costas para a tela

Fonte: Autora

Exemplos de planilhas com levantamento destes dados encontram-se no Apêndice D. Em segundo lugar, mediu-se a **porcentagem de oclusão da tela** (métrica 1.2). Em cada um dos 14 leiautes foi verificado o fator de oclusão da tela de acordo com o

posicionamento de cada participante na sala. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento na sala. Foram feitas vistas 3D em software paramétrico e utilizado software editor de imagens para verificar a área de tela em oclusão. Todos os resultados foram anotados em uma planilha (em pares de observadores, para leiautes simétricos) conforme as Figura 27 e a Figura 28.

Figura 27 - Vistas 3D produzidas em aplicativo paramétrico

Cortes	Oclusão
V1-V7	32,2%
V2-V8	23,1%
V3-V9	19,2%
V4-V10	11,4%
V5-V11	6,8%
V6-V12	0,0%

Fonte: Autora

Figura 28 - Verificação da área de oclusão da tela com uso de software editor de imagens

Fonte: Autora

Em terceiro lugar, mediu-se o **máximo ângulo vertical** (métrica 1.3). Em cada um dos 14 leiautes foi medido o ângulo vertical de acordo com a métrica 1.3. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento na sala.

Foram feitos cortes da posição de cada observador e medidos os ângulos verticais do observador em relação à tela. Todos os resultados foram anotados em uma planilha conforme a Figura 29.

Figura 29 - Verificação do máximo ângulo vertical

Usuário	Ângulo
C1-C7	10,78
C2-C8	12,59
C3-C9	15,15
C4-C10	18,7
C5-C11	24,48
C6-C12	33,11

Fonte: Autora

Em quarto lugar, foi feita a medição da **interatividade** entre os usuários com a aplicação da métrica 2.1(**obstrução do participante**). Em cada um dos 14 leiautes, foi traçada uma linha reta entre a cabeça do locutor e do interlocutor. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento na sala. Foram feitas plantas com os registros de obstrução encontrados. Todos os resultados foram anotados em uma planilha conforme a Figura 30.

Figura 30 - Verificação da obstrução do interlocutor

Índice de Interatividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OBSTRUÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Fonte: Autora

Ainda em relação à Interatividade, foi aplicada a métrica 2.2: **distância entre o locutor e o interlocutor**. Em cada um dos 14 leiautes foram medidas as distâncias entre o eixo da cabeça de um participante com os demais da sala. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento. Todos os resultados foram anotados em uma planilha conforme a Figura 31.

Figura 31 - Distância entre locutor e interlocutor

Índice de Interatividade												
Distância	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,68	1,36	2,06	2,77	3,45	1,69	1,82	2,17	2,66	3,25	3,84
2	0,68	0	0,69	1,38	2,1	2,77	1,82	1,69	1,83	2,18	2,69	3,25
3	1,36	0,69	0	0,7	1,41	2,08	2,17	1,83	1,69	1,83	2,2	2,68
4	2,06	1,38	0,7	0	0,71	1,39	2,66	2,18	1,83	1,69	1,83	2,19
5	2,77	2,1	1,41	0,71	0	0,68	3,25	2,69	2,2	1,83	1,69	1,82
6	3,45	2,77	2,08	1,39	0,68	0	3,84	3,25	2,68	2,19	1,82	1,69
7	1,69	1,82	2,17	2,66	3,25	3,84	0	0,68	1,36	2,06	2,77	3,45
8	1,82	1,69	1,83	2,18	2,69	3,25	0,68	0	0,69	1,38	2,1	2,77
9	2,17	1,83	1,69	1,83	2,2	2,68	1,36	0,69	0	0,7	1,41	2,08
10	2,66	2,18	1,83	1,69	1,83	2,19	2,06	1,38	0,7	0	0,71	1,39
11	3,25	2,69	2,2	1,83	1,69	1,82	2,77	2,1	1,41	0,71	0	0,68
12	3,84	3,25	2,68	2,19	1,82	1,69	3,45	2,77	2,08	1,39	0,68	0

Fonte: Autora

Em seguida, ainda em relação à interatividade entre participantes, foi aplicada a métrica 2.3: **ângulo** que o locutor tem que girar para interagir com o interlocutor. Em cada um dos 14 leiautes foram medidos os ângulos entre as retas que ligam os eixos das cabeças dos participantes da reunião. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento na sala. Todos os resultados foram anotados em uma planilha conforme a Figura 32.

Figura 32 - ângulo entre o locutor e interlocutor

Índice de Interatividade												
Ângulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	90	90	90	90	90	0	51,59	38,36	49,89	57,72	63,19
2	90	0	90	90	90	90	21,59	0	21,59	38,36	49,89	57,72
3	90	90	0	90	90	90	38,36	21,59	0	21,59	38,36	49,89
4	90	90	90	0	90	90	49,89	38,36	21,59	0	21,59	38,36
5	90	90	90	90	0	90	57,72	49,89	38,36	21,59	0	21,59
6	90	90	90	90	90	0	63,19	57,72	49,89	38,36	21,59	0
7	0	21,59	38,36	49,89	57,72	63,19	0	90	90	90	90	90
8	51,59	0	21,59	38,36	49,89	57,72	90	0	90	90	90	90
9	38,36	21,59	0	21,59	38,36	49,89	90	90	0	90	90	90
10	49,89	38,36	21,59	0	21,59	38,36	90	90	90	0	90	90
11	57,72	49,89	38,36	21,59	0	21,59	90	90	90	90	0	90
12	63,19	57,72	49,89	38,36	21,59	0	90	90	90	90	90	0

Fonte: Autora

E, por fim, foi aplicada a métrica relativa a necessidade 5 (**espaço físico**): em cada um dos 14 leiautes foram medidas as distâncias perpendiculares entre os assentos dos participantes e mediu-se a distância entre a perpendicular de cada assento até o objeto ou anteparo (parede) mais próximo. Todos os participantes foram numerados de 1 a 12 de acordo com seu posicionamento na sala. Todos os resultados foram anotados em uma planilha conforme a Figura 33.

Figura 33 - Medição de espaço físico

Fonte: Autora

4.8 Aplicação da análise multicritério para ponderação dos critérios

Com o propósito de entender qual a relação de importância entre todas as necessidades descritas no item 4.4 deste trabalho, foi aplicado o método de decisão multicritério AHP - *Analytic Hierarchy Process* (SAATY,1990).

Para se chegar aos resultados finais da classificação dos critérios foram levantadas as opiniões de 10 participantes de reuniões de coordenação de projeto.

De acordo com estudo anterior (ADDOR; SANTOS, 2014), verificou-se que projetistas, coordenador e assistente de coordenador eram os papéis de maior frequência nas reuniões de coordenação de projetos. Os participantes que responderam às comparações AHP foram: 4 coordenadores de projeto, 4 projetistas e 2 compatibilizadores de projeto. Todos tinham experiência com BIM e participam de reuniões de coordenação em BIM. Estes participantes foram colocados em uma sala de reunião de coordenação BIM e solicitados a analisar, par-a-par, cada uma das necessidades e respectivos critérios definidos no item 4.6.

Todos observaram imagens projetadas em duas telas, com conteúdos diferentes. Os participantes foram informados sobre as regras de preenchimento das comparações par-a-par, utilizando-se a escala fundamental proposta por Saaty (1990) (Tabela 3).

As posições na diagonal nas tabelas serão sempre iguais a 1, pois um elemento é igualmente importante em relação a ele mesmo. Foram entregues, a cada um dos participantes, planilhas de comparação par a par das necessidades e critérios estabelecidos, conforme Tabela 6 a Tabela 14.

Tabela 6 - Planilha de comparação par a par - necessidades

	Visualização	Interatividade	Infra estrutura(ele-rede)	Mobiliário	Espaço	Conforto Ambiental
Visualização	1					
Interatividade		1				
Infraestrutura (ele-rede)			1			
Mobiliário				1		
Espaço					1	
Conforto Ambiental						1

Fonte: Autora

Tabela 7 - Planilha de comparação par a par - critérios sobre visualização de informações na tela

	MOVIMENTAÇÃO DO OBS	% DE OCLUSÃO DA TELA	ÂNGULO VERTICAL
MOVIMENTAÇÃO DO OBS	1		
% DE OCLUSÃO DA TELA		1	
ÂNGULO VERTICAL			1

Fonte: Autora

Tabela 8 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica ângulo horizontal

	A<40 GRAUS	40 < A < 70	70 < A < 110	A > 110
A<40 GRAUS	1			
40 < A < 70		1		
70 < A < 110			1	
A > 110				1

Fonte: Autora

Tabela 9 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica porcentagem de oclusão da tela

% Oclusão	0-5%	5,1-10%	10,1-15%	>15%
0-5%	1			
5,1-10%		1		
10,1-15%			1	
>15%				1

Fonte: Autora

Tabela 10 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica máximo ângulo vertical

	0 < A < 30	30 < A < 50	A > 50
0 < A < 30	1		
30 < A < 50		1	
A > 50			1

Fonte: Autora

Tabela 11 - Planilha de comparação par a par - critérios sobre interatividade

INTERATIVIDADE	OBSTRUÇÃO DO PARTICIPANTE	ÂNGULO	DISTÂNCIA
OBSTRUÇÃO DO PARTICIPANTE	1		
ÂNGULO		1	
DISTÂNCIA			1

Fonte: Autora

Tabela 12 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica ângulo entre interlocutores

Ângulos	0-45	45-90	90-135	135-180
0-45	1			
45-90		1		
90-135			1	
135-180				1

Fonte: Autora

Tabela 13 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica distância

Distância	0-1,40m	1,40-2,40m	2,4-3,0m	>3,0m
0-1,40m	1			
1,40-2,40m		1		
2,40-3,0m			1	
>3,0m				1

Fonte: Autora

Tabela 14 - Planilha de comparação par a par - valores da métrica espaço físico

Espaço	$D > 1.00m$	$0.80 < D < 1.00m$	$0.60 < D < 0.80m$	$D < 0.60m$
$D > 1.00m$	1			
$0.80 < D < 1.00m$		1		
$0.60 < D < 0.80m$			1	
$D < 0.60m$				1

Fonte: Autora

Todos os dados recolhidos foram tabulados e exemplos são apresentados no Apêndice E.

4.9 Determinação do vetor de prioridades de cada nível da hierarquia

Para melhor entendimento dos diversos níveis da hierarquia AHP foi construído o gráfico da Figura 34.

Figura 34 - Níveis hierárquicos para análise multicritério

Fonte: Autora

As opiniões das 10 pessoas entrevistadas foram analisadas de acordo com a metodologia de Saaty (1990). Para identificar o vetor de prioridades de cada uma das matrizes geradas pela comparação par-a-par, foram calculados os autovalores e autovetores de cada uma das matrizes. O resultado da avaliação de cada um dos participantes da avaliação foi registrado em uma planilha. Antes de se calcular a matriz, foi necessário checar a sua consistência. Saaty (1990) determinou, através de dois teoremas, que se o maior autovalor real ($\lambda_{\max}$) fosse igual ao número de componentes de uma matriz quadrada então esta matriz seria consistente. No entanto, nem sempre isso ocorre. Então o autor determinou o índice de consistência (CI - *consistency index*) de uma matriz adotando a fórmula $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, sendo que n é o número de linhas de uma matriz quadrada. O autor sugere também o uso da Razão de Consistência (CR - *Consistency Ratio*) que é uma relação entre o CI e o Índice Randômico (RI - *Random Index*) que varia de acordo com o tamanho da matriz (SAATY, 1980). O índice randômico foi proposto a partir de várias experiências de laboratório na *Wharton School*, de matrizes de 1 a 15 conforme a Tabela 15 - índice randômico médio

Tabela 15 - índice randômico médio

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte : Saaty, 1980

Na Tabela 15 a primeira linha é a ordem da matriz e a segunda o índice randômico médio. A razão de consistência (CR) de uma matriz é dada por CI / RI . Uma razão de consistência até 10% é considerada aceitável, conforme o autor, caso contrário ele recomenda que os julgamentos sejam refeitos até que a consistência aumente. Com o auxílio de um site “calculador de matriz” pode-se obter os autovalores e autovetores de cada uma das matrizes, bastando fornecer a matriz ao site como no exemplo da Figura 35.

Figura 35 - Determinação do vetor de prioridades de cada matriz

	mov do obs	% visual tela	âng vertical
mov do obs	1	1	5
% visual tela	1	1	3
âng vertical	1/5	1/3	1

Characteristic Polynomial:

$$-x^3 + 3x^2 + 0.2666666666666666$$

Real Eigenvalues: { 3.029063766798437 }

Complex Eigenvalues: { -0.014531883399218515-0.2963525388801259i ; -
0.014531883399218515+0.2963525388801259i }

Eigenvectors:

for Eigenvalue -0.014531883399218515-0.2963525388801259i:

[-2.1085816632543732+3.6521705726646534i ; -1.778446652245031-3.0803599602391616i ; 1]

for Eigenvalue -0.014531883399218515+0.2963525388801259i:

[-2.1085816632543732-3.6521705726646534i ; -1.778446652245031+3.0803599602391616i ; 1]

for Eigenvalue 3.029063766798437:

[4.2171633265087465 ; 3.5568933044900626 ; 1]

Fonte: Autora

No exemplo da Figura 45, uma vez a matriz fosse replicada no site, os valores eram calculados automaticamente. Os autovalores complexos foram descartados, sendo considerados somente os de valores reais. O maior autovalor real é o $\lambda_{\max}$. Desta forma consegue-se extrair o CI e o CR da matriz. É verificado se ela é consistente (<10%) e prossegue-se com os cálculos, conforme o exemplo da Figura 36.

Figura 36 - Exemplo de cálculo de CI e CR

autovetores	normalização	
4,2171	0,4806	Movimentação observador
3,5568	0,4054	% Oclusão
1,0000	0,1140	Ângulo Vertical
8,7739	1,0000	
$\lambda_{\max}$	3,029	
CI=	0,029	
CR=	0,027885	

Fonte: Autora

Após a análise de todas as matrizes de um dado critério ou valor de métrica, foi feita a média dos valores encontrados a partir da normalização das opiniões dos 10 respondentes e encontrado o vetor de prioridades daquele critério ou métrica. Este vetor de prioridades contém valores ou pesos que serão atribuídos às medições ou critérios em cada leiaute avaliado. Exemplos de cálculos para matrizes obtidas encontram-se no Apêndice E.

Após as comparações par-a-par colhidas e calculados os autovetores e autovalores segundo a metodologia AHP, foi calculada a média de todos os autovetores com a prioridade relativa normalizada. Esta metodologia foi aplicada para categorizar alternativas em termos de classificação, intensidades ou graus de critérios (SAATY,1990). Após estabelecer a escala de prioridades para os critérios através da comparação por pares, os graus de diferença entre valores de métricas também foram comparados aos pares.

As necessidades visualização, interatividade, infraestrutura, mobiliário, espaço e conforto ambiental foram comparados duas a duas pelos 10 entrevistados. Os fatores de maior influência sobre a qualidade do leiaute foram: visualização, com 37,5% de influência, seguido pela interatividade com 27,3% de influência, conforme a Tabela 16.

A mesma comparação dois a dois foi realizada pelos participantes para os critérios visualização e interatividade. O principal parâmetro de influência sobre o leiaute na visualização foi a porcentagem de oclusão da tela com 55,7%. Para o subcritério interatividade o fator ângulo que o observador tem que girar para interagir com outro observador teve a maior prioridade (42,5%).

Percebeu-se que dentro de uma mesma faixa, as notas deveriam variar para que as prioridades funcionassem. Desta forma, estabeleceu-se que o maior valor da prioridade seria o fator de normalização. Por exemplo, para a métrica ângulo horizontal após a normalização as notas ficaram: 1; 0,5856; 0,2651 e 0,1154. A este modo de classificação Saaty (2008) deu o nome de prioridades idealizadas. As notas para todas as métricas foram normalizadas mantendo-se o mesmo valor relativo determinado pela comparação par-a-par das faixas pelos avaliadores. Os valores relativos determinados pela comparação par-a-par determinam o quanto estar em uma determinada faixa é melhor do que estar em outra. Por exemplo, na métrica distância entre participantes estar a 1.40m de um participante é 8 vezes melhor do

que estar a mais de 3 metros do participante. A Tabela 16 contempla as classificações obtidas e os valores normalizados para as métricas.

Tabela 16 - Resumo das médias dos vetores de prioridades das necessidades, critérios e métricas

Necessidades	Visualização 0,3745	Interatividade 0,2726	Infraestrutura 0,1318	Mobiliário 0,0763	Espaço 0,0709	Conf. Amb. 0,0739
Crítérios de Visualização	Ângulo Horizontal 0,2513	% Oclusão Tela 0,5573	Ângulo Vertical 0,1914			
Métrica	0 <A< 40	40<A<70	70<A<110	A>110		
Ângulo Horizontal	0,5086	0,2978	0,1348	0,0587		
normalizado	1	0,5856	0,2651	0,1154		
Métrica	0-5%	5,1-10%	10,1- 15%	>15%		
% Oclusão da Tela	0,5308	0,2722	0,1459	0,0511		
normalizado	1	0,5129	0,2750	0,0962		
Métrica	0<A<30°	30 <A< 50°	A>50°			
Ângulo Vertical	0,7015	0,2108	0,0877			
normalizado	1	0,3005	0,1249			
Crítérios de Interatividade	Obstrução 0,2681	Ângulo 0,4257	Distância 0,3062			
Métrica	0-45°	46-90°	91-135°	136-180°		
Ângulo	0,4908	0,3203	0,1324	0,0566		
normalizado	1	0,6525	0,2699	0,1152		
Métrica	0-1,40m	1,41-2,40m	2,41-3,00m	>3,00m		
Distância	0,5043	0,2849	0,1517	0,0590		
normalizado	1	0,5650	0,3008	0,1170		
Métrica	D>1,00m	0,80<D<1,00m	0,60<D<0,80m	D<0,60m		
Espaço Físico	0,4632	0,3372	0,1459	0,0537		
normalizado	1	0,7280	0,3150	0,1159		

Fonte: Autora

4.10 Classificação dos leiautes de acordo com a análise multicritério

Nesta fase da pesquisa, as medições nos leiautes obtidas através das métricas são mapeadas em valores normalizados de acordo com os vetores de prioridade estabelecidos na análise multicritério. A Tabela 17 mostra, por exemplo, que um ângulo horizontal maior que 70 graus (e menor que 110°) recebe nota 0,2651, nota mais baixa do que um ângulo menor que 70 graus (nota 0,5862) pois, de acordo com os critérios estabelecidos no item 3.3.1, se um observador tiver que mexer a cabeça é pior que se ele tiver que mexer somente os olhos para enxergar algo na tela. A opinião média dos 10 avaliadores indicou a nota proporcional entre as faixas de ângulos estabelecidas.

A nota final de um leiaute num dado critério é calculada pela média das notas atribuídas naquele critério para cada posição na sala (no caso, 12 participantes/posições).

Tabela 17 - Exemplo de mapeamento de valor de métricas para notas de acordo com os valores AHP

Usuário	Ângulo	AHP	
1	82,49	0,26510	
2	71,57	0,26510	
3	62,72	0,58562	
4	55,8	0,58562	
5	60,03	0,58562	
6	62,89	0,58562	
7	62,89	0,58562	
8	60,03	0,58562	
9	55,8	0,58562	
10	62,72	0,58562	
11	71,57	0,26510	
12	82,49	0,26510	
MÉDIA		5,745360	0,478780

Fonte: Autora

Este procedimento foi aplicado para todos os 14 leiautes em relação a todas as métricas. Exemplos destes resultados são apresentados no Apêndice F.

A hierarquia para avaliação das prioridades derivada das comparações par-a-par foi apresentada na Figura 34. As seis necessidades são ponderadas pela prioridade calculada para cada uma delas. Se houver múltiplos critérios para avaliação de uma necessidade, também são ponderados no cálculo do desempenho de um leiaute no atendimento de uma necessidade. Por fim, valores das métricas, enquadrados em diferentes faixas de valores, são mapeados em valores normalizados que representam seu mérito relativo.

Para esclarecer o procedimento, tome-se como exemplo a necessidade de “visualização de informações na tela”. Primeiramente os ângulos horizontais de acordo com a posição de cada participante na sala em relação à tela de projeção foram medidos e registrados em uma planilha. Estes ângulos foram enquadrados em faixas que recebem as notas determinadas pela AHP após normalização (4ª linha da Tabela 16). É calculada a média das notas e obtida uma nota única para aquela métrica ligada à necessidade de visualização. Esta nota é multiplicada pela nota de ponderação da métrica ângulo horizontal (2ª linha da Tabela 16). Como a necessidade “visualização” é composta por 3 critérios: ângulo horizontal, % de oclusão da tela e máximo ângulo vertical entre o observador e a tela, a operação explicada para o ângulo horizontal deve também ser aplicada aos demais critérios. Desta forma, as resultantes de cada um destes critérios devem ser somadas e multiplicadas pelo fator da necessidade “visualização”⁶ de forma a obter a nota final da parcela da nota geral

⁶ Ou multiplicadas pelo fator da necessidade e depois somadas, indiferentemente.

do leiaute, correspondente à necessidade “visualização”, conforme mostrado na Figura 37.

Figura 37 - Passos para obtenção da nota de visualização

1º. Definir necessidades, critérios e valores de métricas

2º. Classificar as notas obtidas em cada faixa da movimentação do observador (ângulo horizontal) de acordo com as faixas AHP e calcular a média para todas as posições no leiaute.

3º. Multiplicação da nota obtida em cada métrica pelo fator encontrado na análise multicritério

4º. Multiplicação e Soma dos 3 critérios pelo fator encontrado para a necessidade “visualização” na análise multicritério para cálculo da nota final referente à visualização

Fonte: Autora

E por fim, cada leiaute foi avaliado dentro de cada métrica, critério e necessidade. Após a soma global ponderada dos graus de prioridades das necessidades, chegou-se à classificação para as alternativas de leiaute.

4.11 Análise dos leiautes de acordo com as classificações multicritério

Após o estabelecimento dos fatores de prioridade das necessidades e critérios pela análise AHP, as alternativas de leiaute foram analisadas. Para cada um dos leiautes, em cada uma das métricas, foi extraída a média comum das notas obtidas. Exemplos de resultados obtidos na análise dos leiautes que foram tabulados e ponderados pelos vetores de prioridade encontrados pela análise multicritério encontram-se no Apêndice F.

De acordo com a **métrica ângulo horizontal**, o leiaute melhor avaliado foi o 13 e os piores 3, 4, 6, 12 e 14 (estes com a mesma nota), conforme a Tabela 18 e Figura 38.

Tabela 18 - Média das notas obtidas em cada leiaute para a métrica ângulo horizontal

LEIAUTE	ÂNGULO
13	0,58562
1	0,47878
7	0,47878
9	0,47878
10	0,47878
11	0,42536
5	0,40042
2	0,29712
8	0,14040
3	0,11546
4	0,11546
6	0,11546
12	0,11546
14	0,11546

Fonte: Autora

Figura 38 - O melhor leiaute avaliado (L13) e os piores em relação à métrica "ângulo horizontal"

Fonte: Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes para a **métrica oclusão da tela** resultou nos leiautes melhor avaliados 6-7-13 com a mesma nota e os piores 5 e 4, conforme a Tabela 19 e a Figura 39.

Tabela 19 - Média das notas obtidas em cada leiaute para a métrica % oclusão da tela

LEIAUTE	OCCLUSÃO
6	1,00000
7	1,00000
13	1,00000
9	0,85840
11	0,71679
2	0,67714
3	0,63749
8	0,59407
14	0,55010
1	0,54812
10	0,49672
12	0,49179
5	0,34610
4	0,24687

Fonte: Autora

Figura 39 - Os melhores leiautes (L6,L7, L13) e o pior na métrica % de oclusão da tela

Fonte: Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes na **métrica máximo ângulo vertical** resultou nos leiautes melhor avaliados 1, 6, 7 e do 9 ao 14, todos com a mesma nota e, como o pior o leiaute 8, conforme a Tabela 20 e a Figura 40

Tabela 20- Média das notas obtidas para o subcritério máximo ângulo vertical

LEIAUTE	ÂNG VERT
1	1,00000
6	1,00000
7	1,00000
9	1,00000
10	1,00000
11	1,00000
12	1,00000
13	1,00000
14	1,00000
2	0,88342
5	0,88342
4	0,82513
3	0,76684
8	0,50000

Fonte: Autora

Figura 40 - Os melhores e o pior leiaute de acordo com a métrica máximo ângulo vertical

Fonte: Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes no **critério interatividade**, **métrica distância entre os participantes** resultou no leiaute 12 como o melhor avaliado e no 13 como o pior avaliado, conforme a Tabela 21 e a Figura 41.

Tabela 21 - Média das notas obtidas para critério interatividade - métrica distância entre participantes

LEIAUTE	DIST
12	0,72625
2	0,61145
3	0,61145
4	0,61145
5	0,61145
11	0,57265
10	0,56693
1	0,51285
7	0,50901
8	0,50901
9	0,49540
14	0,47562
6	0,44684
13	0,42285

Fonte : Autora

Figura 41 - O melhor (L12) e o pior (L13) leiaute de acordo com a métrica distância entre os participantes

Fonte : Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes no **critério interatividade**, métrica “**ângulo entre os participantes**” resultou no leiaute 14 como o melhor avaliado e no 12 como o pior avaliado, conforme a Tabela 22 e a Figura 42.

Tabela 22 - Médias das notas para a métrica ângulo para interatividade entre os participantes

LEIAUTE	ANG
14	0,88419
6	0,84559
1	0,84076
13	0,80167
8	0,79733
7	0,79119
3	0,78987
2	0,78504
4	0,78504
5	0,78504
9	0,76660
11	0,64093
10	0,58480
12	0,41048

Fonte : Autora

Figura 42 - O melhor e o pior leiaute de acordo com a métrica ângulo entre os participantes

Fonte: Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes no critério **interatividade**, métrica “**obstrução entre os participantes**” resultou no leiaute 13 como o melhor avaliado e no 12 como o pior avaliado, conforme a Tabela 23 e a Figura 43.

Tabela 23 - Média das notas obtidas para a métrica obstrução do participante

LEIAUTE	OBSTRUÇÃO
13	0,33936
14	0,33513
1	0,29387
3	0,27128
4	0,26489
5	0,26489
6	0,26489
8	0,26489
2	0,26116
7	0,26035
9	0,22020
10	0,11780
11	0,11513
12	0,11327

Fonte: Autora

Figura 43 - O melhor e o pior leiaute de acordo com a métrica obstrução do participante

Fonte : Autora

A média das notas obtidas com a análise dos leiautes no **critério espaço**, métrica “**distância da cadeira do participante à parede ou outro anteparo**” resultou nos

leiautes 4 e 5 como os melhores avaliados e no 6 e 12 como os piores, conforme a Tabela 24 e a Figura 44.

Tabela 24 - Média das notas obtidas para o critério espaço

LEIAUTE	ESPAÇO (d)
4	1,00000
5	1,00000
2	0,72799
7	0,69315
8	0,55715
3	0,54333
1	0,31500
11	0,31500
13	0,29644
9	0,26326
14	0,21546
10	0,18227
6	0,11591
12	0,11591

Fonte: Autora

Figura 44 - Os dois melhores leiautes (L4/L5) e os dois piores (L6/L12) de acordo com o critério espaço

Fonte: Autora

Após a obtenção das notas médias para cada leiaute em cada métrica, estas notas obtidas foram multiplicadas pelo peso de cada critério para as necessidades de visualização (ângulo horizontal, % de oclusão da tela e máximo ângulo vertical) e de interatividade (obstrução do participante, distância e ângulo). Os resultados encontrados nesta fase estão demonstrados na Tabela 25

Tabela 25 - Resultados dos critérios de visualização e interatividade

LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO			INTERATIVIDADE		
	ÂNGULO HORIZONTAL	% DE OCLUSÃO	MÁX ÂNGULO VERTICAL	DISTÂNCIA	ÂNGULO	OBSTRUÇÃO
1	0,12032	0,30547	0,19140	0,15704	0,35791	0,07879
2	0,07467	0,37737	0,16909	0,18723	0,33419	0,07002
3	0,02902	0,35527	0,14677	0,18723	0,33625	0,07273
4	0,02902	0,13758	0,15793	0,18723	0,33419	0,07102
5	0,10063	0,19288	0,16909	0,18723	0,33419	0,07102
6	0,02902	0,55730	0,19140	0,13682	0,35997	0,07102
7	0,12032	0,55730	0,19140	0,15586	0,33681	0,06980
8	0,03528	0,33107	0,09570	0,15586	0,33942	0,07102
9	0,12032	0,47838	0,19140	0,15169	0,32634	0,05904
10	0,12032	0,27682	0,19140	0,17359	0,24895	0,03158
11	0,10689	0,39947	0,19140	0,17535	0,27285	0,03087
12	0,02902	0,27408	0,19140	0,22238	0,17474	0,03037
13	0,14717	0,55730	0,19140	0,12948	0,34127	0,09098
14	0,02902	0,30657	0,19140	0,14564	0,37640	0,08985

Fonte: Autora

- Resultado da classificação pelo critério visualização**

A soma dos critérios ponderados para a necessidade de visualização (ângulo horizontal, porcentagem de oclusão da tela e máximo ângulo vertical) de cada leiaute foi multiplicada pela priorização na hierarquia da AHP da necessidade visualização Tabela 26.

Tabela 26 - Resultado da aplicação da classificação dos leiautes de acordo com o critério visualização

LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO
13	0,33550
7	0,32545
9	0,29589
6	0,29125
11	0,26131
2	0,23261
1	0,23114
10	0,22041
3	0,19888
14	0,19736
12	0,18519
5	0,17324
8	0,17304
4	0,12153

Fonte: Autora

- **Resultado da classificação pelo critério interatividade**

A soma dos critérios ponderados para a necessidade de interatividade (distância, ângulo e obstrução do participante) de cada leiaute foi multiplicada pela priorização na hierarquia da AHP da necessidade interatividade Tabela 27.

Tabela 27 - Resultado de classificação dos leiautes de acordo com o critério interatividade

LEIAUTE	INTERATIVIDADE
14	0,16680
3	0,16253
1	0,16185
4	0,16150
5	0,16150
2	0,16123
6	0,15478
8	0,15437
7	0,15333
13	0,15313
9	0,14640
11	0,13059
10	0,12379
12	0,11653

Fonte: Autora

- **Resultado final das notas dos leiautes com o atendimento a todas as necessidades consideradas**

E por fim, o resultado da classificação final no nível hierárquico mais alto da AHP – necessidades de visualização, interatividade, infraestrutura, mobiliário, espaço e conforto ambiental, é apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 - Resultado final da classificação dos leiautes

Layout	VISUALIZAÇÃO	INTERATIVIDADE	INFRAEST. ELÉTRICA E REDE	MOBILIÁRIO	ESPAÇO	CONFORTO AMBIENTAL	TOTAL
1	0,231135666	0,161851773	0,131799107	0,076319941	0,022334	0,073905716	0,697346
2	0,232610551	0,161225962	0,131799107	0,076319941	0,051614	0,073905716	0,727476
3	0,198882513	0,162525334	0,131799107	0,076319941	0,038522	0,073905716	0,681955
4	0,121534153	0,161498098	0,131799107	0,076319941	0,0709	0,073905716	0,635957
5	0,173240631	0,161498098	0,131799107	0,076319941	0,0709	0,073905716	0,687663
6	0,291254304	0,154783246	0,131799107	0,076319941	0,008218	0,073905716	0,73628
7	0,325447022	0,153328539	0,131799107	0,076319941	0,049144	0,073905716	0,809945
8	0,173039925	0,154372749	0,131799107	0,076319941	0,039502	0,073905716	0,648939
9	0,295892805	0,146404978	0,131799107	0,076319941	0,018665	0,073905716	0,742988
10	0,220408727	0,1237941	0,131799107	0,076319941	0,012923	0,073905716	0,639151
11	0,261311133	0,130591494	0,131799107	0,076319941	0,022334	0,073905716	0,696261
12	0,185187075	0,116532164	0,131799107	0,076319941	0,008218	0,073905716	0,591962
13	0,335501932	0,153127223	0,131799107	0,076319941	0,021018	0,073905716	0,791672
14	0,197356193	0,166799632	0,131799107	0,076319941	0,015276	0,073905716	0,661456

Fonte: Autora

De acordo com os resultados, os 3 leiautes que receberam as maiores notas foram o L7 com nota 0,81 seguido do leiaute L13 com nota 0,79 e na terceira posição, o L9 com nota 0,74, conforme as Figura 45 e Figura 46.

Figura 45 - Classificação final dos leiautes de acordo com os critérios e métricas aplicados

Fonte: Autora

Figura 46 - Os quatro melhores leiautes classificados de acordo com os critérios

Fonte: Autora

4.12 Validação do construto

Para validação do construto, foram testados 7 leiautes, sendo os quatro que obtiveram melhor nota, além do leiaute 1 e também o leiaute 14 (situação intermediária) e o pior leiaute classificado 12. Estes leiautes foram submetidos a uso durante reuniões de coordenação em BIM. As reuniões ocorreram dentro da sala com as dimensões propostas na teoria. Os leiautes dos móveis e equipamentos foram arranjados de acordo com a proposta. As reuniões foram compostas por 12 participantes sendo 4 coordenadores de projeto, 6 projetistas e 2 compatibilizadores de projeto. Foram executadas 7 reuniões BIM pelas mesmas pessoas, na mesma sala, com o mesmo mobiliário e os mesmos equipamentos. A variável de observação do estudo foi a modificação do leiaute. Após cada reunião, foi entregue a cada participante uma planilha para avaliação do leiaute. Esta planilha continha as necessidades ligadas ao leiaute avaliadas na teoria e os leiautes podiam receber nota de 1 (péssimo) a 5 (excelente) em cada uma das necessidades, conforme a Tabela 29. Após o preenchimento das planilhas, foi calculada a soma das notas de cada participante para cada leiaute. Ao final, foi calculada a média ponderada das notas de todos os participantes para aquele leiaute, conforme a Tabela 30.

Os participantes das reuniões foram informados que o leiaute seria avaliado ao final da reunião e os critérios para avaliação foram expostos de forma que pudessem ficar atentos durante a reunião. A Tabela 31 mostra as notas obtidas para a análise dos leiautes na teoria e na prática.

Tabela 29 - Planilha de avaliação dos leiautes

NOME PROJETISTA			
LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO	INTERATIVIDADE	ESPAÇO
L1			
L6			
L7			
L9			
L12			
L13			
L14			

Fonte : Autora

Tabela 30 - Resultado da média das notas obtidas pela análise dos participantes de reuniões

LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO	INTERATIVIDADE	ESPAÇO	TOTAL
L1	1,71417	1,20575	0,26625	3,18617
L6	1,27783	1,02375	0,26033	2,56192
L7	1,62067	1,04650	0,15383	2,82100
L9	1,46483	0,54600	0,21892	2,22975
L12	0,65450	0,40950	0,20708	1,27108
L13	1,71417	1,22850	0,17750	3,12017
L14	1,05967	1,29675	0,28992	2,64633

Fonte: Autora

Tabela 31 - Resultado comparativo das notas obtidas para a classificação de leiautes no uso e na teoria

uso			teoria	
3,1862	L1		0,5279	L7
3,1202	L13		0,5096	L13
2,8210	L7		0,4610	L9
2,6463	L14		0,4543	L6
2,5619	L6		0,4153	L1
2,2298	L9		0,3794	L14
1,2711	L12		0,3099	L12

Fonte: Autora

O resultado do arranjo dos leiautes durante os testes pode ser observado nas imagens a seguir, conforme a Figura 47

Figura 47 - Os sete leiautes em teste

L1

L14

L13

L6

L7

L9

L12

Fonte: Autora

A partir do teste de cada leiaute em uso, os resultados foram tabulados conforme a Tabela 32 onde a cor verde representa sempre a maior nota e a vermelha a pior. Seguem os resultados teóricos e práticos para os leiautes L1, L7, L13, L14, L9, L6 e L12 avaliados.

Tabela 32 - Resultados comparativos dos testes dos leiautes com a teoria

EM USO		EM TEORIA	
LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO	LEIAUTE	VISUALIZAÇÃO
L1	1,7142	L13	0,3355
L13	1,7142	L7	0,3254
L7	1,6207	L9	0,2959
L9	1,4648	L6	0,2913
L6	1,2778	L1	0,2311
L14	1,0597	L14	0,1974
L12	0,6545	L12	0,1852

EM USO		EM TEORIA	
LEIAUTE	INTERATIVIDADE	LEIAUTE	INTERATIVIDADE
L14	1,2949	L14	0,1668
L13	1,2267	L1	0,1619
L1	1,2040	L6	0,1548
L7	1,0450	L7	0,1533
L6	1,0223	L13	0,1531
L9	0,5452	L9	0,1464
L12	0,4089	L12	0,1165

EM USO		EM TEORIA	
LEIAUTE	ESPAÇO	LEIAUTE	ESPAÇO
L14	0,2895	L7	0,0491
L1	0,2659	L1	0,0223
L6	0,2600	L13	0,0210
L9	0,2186	L9	0,0187
L12	0,2068	L14	0,0153
L13	0,1773	L6	0,0082
L7	0,1536	L12	0,0082

Fonte: Autora

4.13 Equipamentos

A partir de um estudo completo de equipamentos, bem como do estudo das reuniões gravadas em vídeo, pode-se considerar que além dos equipamentos já considerados em um leiaute de uma sala de coordenação BIM alguns outros equipamentos conforme a Tabela 33.

Tabela 33 - Relação de equipamentos para um iRoom

ITEM	QUANT	DESCRIÇÃO
1	2,0	PROJETOR DE CURTA DISTÂNCIA COM CANETA , TELA E SUPORTE DE TELA
2	2,0	NOTEBOOK CORE INTEL i7 - HD 128 gb - 8GB RAM 13.3 WIDESCREEEN
3	2,0	TECLADO E MOUSE SEM FIO
4	2,0	TABLET COM STYLUS- TELA LCD COM VISUALIZAÇÃO
5	1,0	PC DESKTOP CORE I7 1TB 16GB
6	1,0	MONITOR LCD 23"
7	1,0	SERVIDOR DE ALTA PERFORMANCE
8	3,0	APONTADORES A LASER DE CORES DIFERENTES
9	2,0	MOUSE 3d PROFISSIONAL
10	1,0	MESA TÁTIL DE 46"
11	2,0	TABLET ANDRÓIDE E IOS

Fonte: Autora

5 DISCUSSÃO

5.1 Considerações sobre os resultados da análise sobre reuniões tradicionais (não BIM)

Foi elaborado um primeiro estudo de fluxos baseado na observação de reuniões pela autora. Este estudo levou a consolidação dos itens necessários para o levantamento dos dados nas gravações em vídeo, para o qual foi constituída a planilha de coleta dos dados. Esta planilha foi eficaz quanto ao desempenho na coleta e também na extração dos resultados.

As gravações em vídeo demonstraram informações mais aprofundadas e ricas em relação ao detalhamento do fluxo de projetos.

Analisando os dados apresentados Tabela 4 ficou evidenciado que para reuniões de coordenação convencionais, as ações mais frequentes são "criação de texto" e "visualização de planta impressa". Ao examinar detalhadamente os dados, pode-se observar que 74% das ações "visualizar planta" são direcionadas para alguns ou todos os participantes, o que possivelmente implica que um grande dispositivo de exibição gráfica (por exemplo, uma tela de projeção) pode suprir os requisitos desta ação.

Uma análise similar mostra que a ação de "criar um texto" é realizada 99,9% das vezes para si mesmo, ou seja, uma pessoa toma notas pessoais ou o assistente de coordenação prepara atas de reuniões (assistentes de coordenação são responsáveis por 59% de tais ações). Anotações individuais em geral não precisarão de apoio na sala interativa uma vez que são feitas nos próprios dispositivos pessoais (blocos de notas, *tablets*, etc.) que os agentes trazem para a sala de reunião. Atas de reuniões provavelmente poderão ser substituídas por anotações / *markup* nos próprios softwares onde se registrarão os confrontos detectados e as decisões sobre como e quem é o responsável pela revisão de cada um deles.

É importante ressaltar que a existência de ações de baixa frequência (3 a 5%) podem não ser representativas estatisticamente, porém devem ser analisadas em sua necessidade. Por exemplo, a criação de um croqui durante a reunião e uma marcação em uma planta impressa são ações de baixa frequência que, no entanto, são essenciais em uma reunião de coordenação de projetos. Em um ambiente interativo,

equipamentos que deem suporte a estas ações como, por exemplo, *tablets* ou mesas sensíveis ao toque, devem ser considerados.

Quanto à frequência à reunião, o coordenador e seu/sua assistente são, obviamente, os participantes da reunião mais frequentes, seguidas pelo proprietário e arquiteto, conforme a. Portanto, é importante apoiar as ações mais frequentes por estes quatro papéis. A “visualização de planta impressa”, dirigida a todos é a ação mais frequente pelo coordenador e assistente de coordenação (cerca de 46% de suas ações combinadas, se anotação de texto for excluída). Esta mesma ação é a ação do proprietário mais frequente (36%), bem como do arquiteto (37%). Mais uma vez, um grande dispositivo de exibição gráfica pode satisfazer essas necessidades.

A análise dos dados recolhidos não mostrou qualquer diferença significativa no percentual de tipos de ação, quando o estágio da fase de projeto é considerado. Porém, na fase de Estudo Preliminar, a porcentagem da ação "criação de texto" (33 %) foi maior do que na de Pré-executivo (28 %) e a de "visualização de planta" foi maior em Pré-Executivo (52 %) do que nas reuniões de Estudo Preliminar (45 %).

Também não há diferenças relevantes em ações realizadas quanto à tipologia de projeto (residencial, de uso comercial ou misto), embora apenas um projeto comercial tenha sido estudado. A única observação é que a visualização de arquivos de CAD 2D foi duas vezes maior nos projetos de uso misto em comparação com os residenciais. Acredita-se que isso ocorreu devido à dimensão dos projetos de uso mistos, tornando mais difícil para trabalhar com documentação impressa, induzindo o uso de plantas eletrônicas.

Após a conclusão desta fase do trabalho, considerando reuniões de projetos tradicionais (não-BIM), os resultados indicaram que um grande dispositivo de exibição gráfica pode satisfazer às necessidades das ações mais frequentes na sala de coordenação.

5.2 A análise multicritério

A análise multicritério utilizada como ferramenta para classificação dos critérios a serem adotados na análise dos leiautes foi de grande importância para os resultados deste trabalho. Ao se iniciar uma análise que pressupõe uma estrutura hierárquica, a definição das necessidades, critérios e métricas são extremamente importantes para que

a análise ocorra de forma correta. Neste trabalho, o exaustivo levantamento de necessidades dos usuários e verificação de mais de 100 horas de gravações em vídeo de reuniões de projeto (tradicionais e BIM), possibilitou identificar e condensar quais seriam os seis mais importantes critérios a serem analisados em uma sala de coordenação de projetos. Dentre estes critérios, somente três foram (visualização, interatividade e espaço) considerados na classificação da qualidade dos leiautes propostos já que as necessidades de infraestrutura elétrica, mobiliário e conforto ambiental foram consideradas variáveis independentes do leiaute ao passo que os demais são variáveis dependentes do leiaute. Para se fazer a análise multicritério, a quantidade e especialidades que avaliou os critérios par a par foram 4 coordenadores e 6 projetistas. Para estas pessoas o vetor de prioridades após a análise par-a-par das necessidades mostrou que a visualização é a necessidade mais importante em uma sala de reuniões BIM, sendo que relativamente, para os usuários esta necessidade é 5 vezes mais importante que o conforto ambiental. Isso quer dizer que mesmo que o participante da reunião esteja em uma sala com condições baixas de conforto, muito quente, por exemplo, mas ele visualize a informação em uma tela ele poderá realizar a reunião a contento. Para a necessidade visualização de informações em uma reunião o fator que tem maior importância é a % de oclusão da tela, que é quase 3 vezes mais importante que o ângulo máximo vertical do participante com a tela. Para um participante de uma reunião de projeto, que tem a visualização como necessidade prioritária para análise, a existência de uma cabeça entre ele e a tela que o impeça de ver o modelo tridimensional ou imagem, este resultado mostra-se bastante coerente. Para os projetistas e coordenadores consultados nos julgamentos par-a-par, dentre os critérios de interatividade, o que recebeu a prioridade com 42,57% de peso foi o ângulo que o participante tem que girar para interagir com outro participante da reunião, Imagina-se que se um participante estiver de costas para outro participante, ele terá que girar pelo menos 180 graus para falar ou interagir com outro imediatamente posicionado atrás. Esse movimento com o corpo inviabiliza a interatividade em reuniões de projetos, logo os leiautes que faziam com que seus participantes tivessem ângulo muito grande de interação receberam notas mais baixas.

O critério infraestrutura, relacionado com a elétrica e rede, foi julgado como tendo prioridade de 13,2% em um leiaute, sendo que ele é 3 vezes menos importante que a necessidade visualização. Na realidade este é um quesito importante, no entanto o leiaute não será alterado se o número de tomadas na sala foi maior ou menor. Mas deve se considerar a existência de tomadas, uma vez que os dados para a reunião podem estar em um notebook que esteja sem bateria, o que prejudicaria a realização da reunião. O critério mobiliário recebeu a prioridade de 7,6% dentro das escalas de prioridade de um leiaute. Este resultado é adequado em relação à realidade, pois mesmo tendo-se um mínimo espaço de apoio em uma mesa, como é o caso da referência adotada, uma carteira escolar, pode-se executar uma reunião de projetos. Com certeza esta não é a forma ideal, no entanto, não inviabiliza a realização da reunião. O critério conforto ambiental recebeu prioridade e 7,39% na construção de um leiaute. Se analisarmos uma sala de reunião em um dia de verão em uma cidade do nordeste brasileiro, e esta sala não tiver refrigeração de ar, a reunião de projeto poderá existir, no entanto com bastante desconforto e talvez perda de atenção dos participantes devido ao calor. Este também não é um critério que muda as características do leiaute de uma sala, no entanto, pode prejudicar bastante o rendimento das questões de projeto que estão sendo discutidas. E por fim, o critério espaço, distância entre o participante sentado e algum anteparo como parede ou tela de projeção, recebeu 7,09% de prioridade na construção de um leiaute. Quando esta distância passa a ser menor que 80cm isso faz diferença na opinião dos projetistas que participaram da análise par a par, apesar desta ser uma métrica que pode alterar o leiaute, ela é 5,5 vezes menos importante que a visualização, e por isso, mesmo em espaços não adequados, porém com qualidade de visualização as reuniões poderão ocorrer de acordo com a relação de prioridades.

A metodologia aplicada, AHP, é uma teoria descritiva de processo subjetivo intrínseco à investigação e necessita ser adaptada para a proposta de análise. Este método permite o uso de critérios qualitativos bem como quantitativos. Ao se tomar a opinião de 10 pessoas na análise comparativa, pode-se ter uma subjetividade bastante grande. A inconsistência imposta pela escala de Saaty (1990), deve ser considerada dentro de 10%. Desta forma, no caso estudado, em um próximo estudo, pode-se reexaminar os 4 leiautes melhor avaliados, num refinamento da análise. O método AHP tem seus pontos fortes e suas fraquezas (GOODWIN; WRIGHT, 2004). Como

pontos fortes podemos citar a estruturação formal do problema, o que permite que problemas complexos possam ser decompostos em conjuntos de simples julgamentos; a simplicidade da comparação par a par, o que permite ao julgador manter o foco em uma pequena parte do problema; a redundância permite que a consistência possa ser checada, e também pode-se dizer que é uma metodologia versátil por ter uma grande amplitude de aplicação.

No entanto, também existem algumas limitações. A correspondência entre a escala verbal, ou seja, o que o julgador acha, com a escala numérica é baseada em suposições. Ao fazer julgamentos, os participantes podem cometer inconsistências ao atribuir as notas, sendo que a nota nove (importância absoluta) deveria ser utilizada somente em casos extremos, por esta razão, em geral, admite-se as inconsistências até 10%. Outro fator a ser considerado em próximas pesquisas é a relação custo/benefício entre as decisões. Apesar dos custos poderem ser incluídos nas decisões, devem ser desconsiderados até as alternativas serem avaliadas para que não aconteça de uma solução ter ótimos benefícios, mas ser inviável financeiramente. Deve-se analisar separadamente os custos de cada alternativa e depois julgá-las frente aos benefícios. Na pesquisa em questão, as salas receberam o mesmo número de equipamentos, espaço e pessoas e, por isso, a análise de custo não teria sentido, já que igual para todas as alternativas. O interessante será analisar salas com diferentes equipamentos para se medir a relação custo/benefício com equipamentos diferentes e custos diferentes.

5.3 Os leiautes

A atribuição das notas ponderadas para os leiautes nos vários critérios permite perceber os pontos fortes e fracos de cada leiaute no atendimento às necessidades dos usuários da sala de reuniões.

As classificações dos leiautes se alternaram dependendo do critério que estivesse sendo considerado. Quando a análise enfocou a ângulo horizontal (necessidade de mexer o olho, cabeça ou corpo) para visualizar algo na tela, os leiautes em formato de “U” redondo ou “quadrado” ou “V” foram os vencedores (leiautes L13, L1 e L7) pois os participantes da reunião se encontravam mais de frente para as telas, o que facilitava a visualização. Obviamente, leiautes com participantes de costas para a tela,

como é o caso do L14 e L12, tiveram notas piores, pois implicam na movimentação maior do participante para visualizar imagens na tela. Este tipo de leiaute foi incluído na análise para verificar a aderência das métricas propostas e que respondeu exatamente como se esperava. Para análise deste estudo foram consideradas imagens diferentes projetadas nas duas telas. O fato de se ter imagens diferentes em duas telas posicionadas vezes justapostas, vezes separadas no ambiente proposto também foi proposital para se verificar e testar a metodologia. No caso dos leiautes L4 e L6 que, apesar de não terem participantes de costas para a tela, têm um ângulo horizontal muito grande ao se considerar que o participante tem que olhar da ponta de uma tela à ponta da outra tela que está do lado oposto, implica em ângulos de giro da cabeça de mais de 190 graus o que abaixou muito a nota destes leiautes neste quesito.

Ao focar o critério **oclusão da tela**, ou seja, qual a porcentagem de tela que um participante da reunião não consegue visualizar, os leiautes L4 e L5, que tinham mais de 4 pessoas sentadas enfileiradas, tiveram as piores notas. Ou seja, a configuração de salas de reunião, com uma série de pessoas enfileiradas em relação à tela, não é uma boa referência quando se trata de reuniões de coordenação de projetos com visualização de modelos em telas de grandes dimensões se esta tela fica posicionada em uma das pontas da mesa. No entanto, o L6, com mais de 4 pessoas também enfileiradas, teve a maior média neste critério, pois havia um vão entre as mesas e exatamente neste vão foi posicionada a tela. O fator de oclusão muda, em função da mudança de posicionamento dos usuários em relação à tela, apesar de estarem sentados enfileirados, como no L4 e L5.

O critério **máximo ângulo vertical**, ou seja, quanto o participante tem que inclinar a cabeça na vertical para olhar a tela, obteve 9 leiautes com a mesma nota. Isso pode significar que em função de restrições como o pé direito da sala, a altura limitada da tela de projeção, não tenham criado situações muito difíceis para visualizar a tela. E por isso, somente os leiautes que tinham pessoas de costas para a tela tiveram menores notas, como o L4, L3 e L8 (pior nota). Tanto o L3 quanto o L8 têm pessoas de costas para as telas o que dificulta o ângulo vertical e, no caso do L4, os participantes que estavam muito próximos da tela tiveram medida de ângulo muito ruim. Ou seja, para salas com uso de tela de grande dimensão precisa se achar a relação adequada entre distância da tela e ângulo pois, quanto maior a distância,

menor o ângulo e melhor a visibilidade; no entanto, quanto menor a distância, maior o ângulo e pior a visibilidade.

A necessidade de **interatividade** foi decomposta, na análise, em três métricas: **distância entre o interlocutor e o locutor, ângulo de visão entre o locutor e interlocutor e obstrução do participante** (caso um queira falar com o outro e existe um outro participante no meio ou de costas para o locutor). Com relação à métrica **distância**, o L12 foi o melhor avaliado. No entanto, este é o leiaute pior avaliado quando comparado a todos os outros. Apesar das pessoas estarem de costas umas para as outras e também algumas estarem de costas para a tela, existem 8 pessoas costas com costas, o que encurta muito a medida de distância. Neste critério distância entre o locutor e interlocutor o L13 ficou em última classificação, sendo que este é o segundo colocado quando todos os leiautes são comparados. Ou seja, em termos de distância para comunicação, leiautes com formato muito aberto, tipo “U” não respondem bem a esta métrica.

Com relação ao subcritério **ângulo entre os participantes**, o L14 foi o melhor classificado, ou seja, uma mesa circular é a melhor forma para promover a interatividade entre os participantes da reunião. Leiautes como este podem ser úteis em reuniões preliminares de projeto quando há mais discussão e troca de ideias sobre o projeto do que em fases mais adiantadas do projeto que requerem análise visual de detalhes. O L12 foi o pior classificado neste caso, uma vez que existem 8 pessoas umas de costas para as outras, ou seja, mais de 50% dos participantes do leiaute, para se comunicar, precisam girar o corpo mais de 180 graus. A aplicação da teoria em leiautes como este mostra a eficácia da mesma, ou seja, em leiautes onde há pessoas de costas umas para as outras não é possível fazer uma discussão sobre questões de projeto.

No subcritério **obstrução entre os participantes**, o melhor leiaute avaliado é o tipo “U”, ou seja, a obstrução entre participante em leiautes deste tipo é zero, não há. E o pior leiaute é aquele onde há 8 pessoas de costas umas para as outras. Este fato inviabiliza a reunião de projeto, pois não há interação entre as pessoas.

Sobre o **espaço de circulação** entre os participantes e os anteparos, como paredes ou a tela, o L4 teve a melhor avaliação, uma vez que todos estão sentados praticamente no centro da sala. Há de se considerar que se o projetor for do tipo interativo, o participante deverá levantar de sua cadeira e se dirigir até a tela para

utilizar a caneta de interface. Pode-se considerar que este leiaute responde bem a este critério, uma vez que há espaço suficiente de circulação e este espaço é homogêneo a todos os participantes da reunião. Se a distância entre a tela de projeção e as mesas for em torno de 0.80m a 1.00m pode-se ainda melhorar o atendimento deste leiaute a este critério. Neste mesmo critério, o leiaute L12 recebeu a pior classificação, pois todos os participantes estão de costas para algum anteparo próximo. Ou seja, em reuniões interativas, onde o participante tem que sair de seu assento e se dirigir a tela, é importante que haja o mínimo de espaço confortável para circulação, definido entre 0.80m a 1.00m.

O leiaute 13 foi o melhor avaliado no critério **visualização**, seguido pelo leiaute 7. Estes dois leiautes, em forma de “U” e “V”, representam, do ponto de vista da visualização, a melhor recomendação quando se necessita fazer reuniões de coordenação de projetos com análises de imagens, detalhes e tomadas de decisão. O pior leiaute quando o critério é visualização é o L4. Este leiaute recebeu notas muito baixas nas 3 métricas de visualização: ângulo horizontal, oclusão e ângulo vertical. As pessoas estão muito juntas, o que aumenta a oclusão da tela, além de ter pessoas muito próximas à tela, o que aumenta o ângulo vertical e também o fato das pessoas terem que virar para uma tela e para a outra ao mesmo tempo para verificar duas informações diferentes. Esse caso é o oposto de um jogo de tênis, onde o foco é a bolinha. Neste caso, existem duas telas com informações diferentes o que gera dificuldade e impossibilidade de um ser humano ver ao mesmo tempo as duas telas. Para o critério de **interatividade**, o leiaute L14 obteve a melhor classificação. Apesar do L14 ter uma nota média-baixa em visualização, pois há pessoas de costas para a tela, a sua nota em interatividade é máxima. As 3 métricas que compõem a hierarquia de análise da interatividade foram bem atendidas e receberam notas bastante equilibradas, tanto o ângulo, quanto a distância e oclusão entre participantes estão bem classificados. Neste critério de interatividade, o leiaute de pior classificação foi o L12 que tem 8 pessoas de costas umas para as outras. As notas de oclusão e de ângulo neste caso pesaram muito no sentido negativo, apesar de a nota de distância entre os participantes ter sido a mais alta. O que significa que, se houver oclusão e portanto necessidade de mexer o corpo para interagir, é um leiaute que não vai funcionar em reuniões de projeto, pois prejudica a interatividade.

E, por fim, a classificação final considerando todos os critérios: os dois leiautes melhor avaliados, com notas muito próximas, foram o L7 e L13 que, de acordo com os critérios estabelecidos em teoria, foram os mais eficientes. A nota que proporcionou o pequeno desempate entre estes dois leiautes foi a métrica espaço de circulação entre os participantes e os anteparos, que no L7 recebeu nota 2 vezes maior que o L13, após a atribuição da ponderação. Apesar que para a necessidade visualização o L13 foi 1,5 vez melhor que o L7, em razão que os observadores que estavam muito receberam notas mais baixas em relação ao ângulo horizontal com a tela. Então, pode-se dizer, que pela análise das métricas, leiautes em “U”, como o caso do L13, têm melhores resultados em visualização, com todas as notas nos critérios melhores e na obstrução entre os participantes que é nula. Em razão desta proximidade muito grande em relação à classificação, em próximos estudos, deve-se investigar mais a fundo as potencialidades de cada uma destes leiautes. No entanto, dependendo do tipo de assunto da reunião de projeto, leiautes em “U” não têm boa nota em relação à distância entre o interlocutor e o locutor. Em relação à métrica distância no critério interatividade este foi o leiaute que recebeu a menor nota. Participantes que estão em uma ponta do “U” ficam muito distantes de participantes da outra ponta e isso contribuiu para a diminuição da nota. Em contrapartida, os leiautes que tiveram as piores notas foram o L4 seguido pelo L12 com a pior nota de todos.

O L12 recebeu a pior nota de interatividade de acordo com as métricas, uma vez que existem 8 participantes de costas uns para os outros, o que rebaixou muito a nota de ângulo de interação e de obstrução entre os participantes. Já o L4, recebeu a menor nota de todos os leiautes em relação à visualização, sendo que dentre as métricas a % de oclusão da tela foi a pior nota, o que entende-se que observadores alinhados com telas nas pontas não tem boa visibilidade de dados.

5.4 Avaliação do Construto

Sete leiautes foram testados em uso durante reuniões de coordenação de projetos a fim de demonstrar que a metodologia construída atende ao objetivo de avaliar salas de coordenação de projetos baseadas em BIM. Foram realizadas sete reuniões de coordenação cada uma com um leiaute diferente. Os coordenadores e projetistas

avaliaram a utilização do leiaute de acordo com as notas propostas de 1 a 5 em relação às 3 necessidades que tiveram métricas agregadas.

Dentre os sete leiautes testados em uso, o L1 empatado com o L13 obtiveram a melhor classificação em visualização, sendo que em teoria o L1 aparece como o quinto classificado e o L13 como o primeiro colocado em visualização. Analisando os resultados parciais do L1 na teoria, constata-se que ele recebeu a pior nota na composição da visualização em relação à oclusão da tela. Desta forma, sugere-se uma melhor averiguação na calibragem das faixas adotadas para a métrica de oclusão. Coloca-se em questionamento se ter 5% de oclusão é 10 vezes melhor que ter 15% de oclusão. Na análise teórica do L1, os 3 participantes que se encontram sentados perpendiculares a tela após o participante que está mais próximo da tela, receberam a nota mais baixa de oclusão, e no entanto, isso não se refletiu no uso do leiaute. Mas aos mesmo tempo, o L13, na análise teórica, recebeu notas altas em função de sua oclusão ser 0%, ou seja, se não há oclusão as demais métricas parecem compatíveis entre a teoria e a prática.

Para a necessidade interatividade, o L14 foi o melhor avaliado tanto em prática quanto em teoria. Esse fato pode mostrar que as métricas de ângulo, distância e oclusão entre os interlocutores e locutores estão mais calibradas. Outro fator que pode demonstra este fato é o L1 ter ficado em terceiro lugar em uso e segundo em teoria de acordo com a interatividade, o que mostra mais uma vez a aferição das faixas de análise das métricas.

Para a necessidade espaço houve uma grande discrepância entre a avaliação em uso, com o L14 em primeiro lugar, sendo que em teoria o L14 se encontra em quinta posição a referência para esta métrica foi encontrada na literatura de quase 40 anos atrás. O uso do espaço contemporâneo pode indicar uma flexibilidade maior do usuário em relação às distâncias de uma cadeira à uma parede, ou mesmo de circulação. Esse fato pode indicar que as métricas de espaço devem ser recalibradas, procurando restringir mais as medidas e portanto adequá-las a um uso mais consciente do espaço. Um outro indicativo que esta métrica deve ser recalibrada é o fato do L7 ter ficado em primeira colocação quando analisado em teoria. Este leiaute é do tipo “V” e portanto a média da distância das cadeiras à parede está dentro de faixas mais confortáveis estabelecidas pela métrica.

Dentre os sete leiautes avaliados em uso o L1 obteve a melhor classificação sendo que em teoria, o L7 é que obteve o primeiro lugar tanto na classificação geral quanto dentre os sete avaliados. No entanto o L1 aparece como quinto classificado quando avaliado em teoria. Mais uma vez as métricas que desfavorecem o L1 em relação ao L7 em teoria são o fator de oclusão e o espaço.

Desta forma, pode-se sugerir que tanto estas métricas devam ser recalibradas quanto fazer uma avaliação com os participantes para verificar se estão sendo coerentes em suas avaliações.

5.5 Análise do custo benefício

Se separar-se os benefícios dos custos pode-se executar uma análise de custo-benefício. Os custos devem ser relacionados ao lado de cada uma das alternativas de leiaute classificadas. Os valores de custos também devem ser normalizados. A partir destes dados obtidos, deve-se colocá-los em um gráfico de benefícios no eixo vertical e custo no horizontal. As alternativas são marcadas no gráfico e pode-se proceder à análise (*trade-off*). Desta forma, poderemos comparar dois leiautes diferentes com preços diferentes e verificar, se tiverem benefícios similares, mas custos muito diferentes, pode-se optar pelo de menor custo. Se na comparação um leiaute tiver muito mais benefício que outro, no entanto maior custo também, provavelmente ficaremos com o de maior benefício, sendo que a análise de impacto econômico deve ser aplicada neste caso, para saber se ao longo do tempo é possível a recuperação do investimento.

5.6 Conexões teóricas

De acordo com os achados nesta pesquisa, leiautes com formato o mais próximo de um “U” são os mais recomendados para as salas de coordenação em BIM, sendo que as telas de projeção devem estar no centro deste “U”. Com exceção do L14 que é um círculo fechado, e que teve alta classificação somente por causa de seu alto índice de interação entre os participantes da reunião, os demais são leiautes abertos com as telas centralizadas (L13, L1, L7). De acordo com autores que já vêm estudando o tema há aproximadamente 15 anos, tanto a mídia quanto a interação são partes importantes

na percepção e memória dos participantes, ou seja, um simples telão faz diferença no engajamento e atenção dos participantes. Essa teoria, já comprovada por Leicht (2009), vai ao encontro com os resultados aqui obtidos. A visualização das informações na tela interativa foi o critério mais priorizado, ainda que não se tenha explorado todo o potencial da interatividade do projetor com o usuário nesta pesquisa. Em parte devido à imaturidade tecnológica dos participantes e em parte devido a restrições da própria pesquisa. Em razão destes fatores, novas investigações mais aprofundadas nos leiautes melhores classificados são recomendadas. O critério interatividade apesar de ter obtido uma classificação um pouco menor que o critério visualização, também não deixa de ser representativo e importante, inclusive sendo o fator de desempate no caso dos leiautes 13 e 14 que foram melhor classificados.

As reuniões de coordenação de projeto, quando executadas em processo BIM, terão um grande apoio ao se utilizar das recomendações desta pesquisa. Uma das características da coordenação é a interatividade entre as equipes (MELHADO et al., 2005) bem como a melhoria da qualidade dos projetos desenvolvidos. Se as necessidades dos usuários das salas de coordenação para executarem suas tarefas foram levantadas e atendidas nos leiautes melhor classificados, pode-se concluir que a infraestrutura estará adequada para a coordenação em BIM e que os maiores beneficiados serão o projeto e os participantes das reuniões

Durante trinta anos, tem havido um crescimento lento mas constante em pesquisas empíricas sobre cognição em projeto - o trabalho pioneiro é o estudo de arquitetos por Eastman (1969, 1970). Uma gama substancial e variada de métodos de pesquisa foi adotada e adaptada para a investigação de atividade de projeto, incluindo estudos de caso, estudos de protocolo e testes de performance. O comportamento dos projetistas foi considerado intuitivo e muitas vezes adequado para projetar mas outras vezes sem fundamentação teórica. Esse tipo de comportamento vem sendo observado desde os primeiros estudos de Eastman (1970), que foi considerado o mais antigo estudo de protocolo gravado em vídeo. Estes estudos revelaram que o tipo de abordagem do problema passa das questões de projeto diretamente para ideias para solução antes de terem totalmente formulado o problema. Os projetistas são líderes em solução não em problemas, segundo o autor. Para eles a avaliação da solução é que é importante e não a análise do problema. Traçando um paralelo com o presente trabalho, a proposição de uma metodologia para composição de espaços onde se

possa analisar projetos de caráter digital, é parte integrante do suporte para o processo de projeto. Considerando-se que os projetistas estão sempre analisando metas, dentro de limites conhecidos ou definidos, quanto maiores as possibilidades de se visualizar e integrar com a equipe melhores serão os resultados para o processo de projeto. Ou seja, a metodologia aqui proposta contribui para as condições físicas do espaço de trabalho em projeto digital e oferece maiores possibilidades aos projetistas na tomada de decisão em projeto.

Comunicar face a face, entender a percepção do entorno, ver as imagens nas telas e interagir com os demais participantes de maneira física podem ser considerados componentes que agregam qualidade ao desenvolvimento do projeto, uma vez que foi comprovada a necessidade de interação entre os participantes das reuniões em BIM, bem como dos participantes com a mídia disponível. Avançamos com esta pesquisa no entendimento de como podemos organizar um espaço para receber uma reunião de coordenação em BIM. No entanto, ainda existem outros patamares a serem alcançados com a pesquisa, como o teste de leiautes com diferentes equipamentos, estudo das relações entre eles, relações de custo e benefício, técnicas de interação entre as diferentes mídias, recursos com as necessidades do processo de coordenação em BIM.

5.7 Aplicabilidade da solução

Os usuários da sala de coordenação de projeto digital estudados ainda não possuem um nível elevado de maturidade em relação a novas propostas de mídias tecnológicas. Acredita-se que, quanto mais esse tipo de mídia for sendo popularizada entre os projetistas, mais ela será apropriada pelos mesmos. O principal objetivo de uma reunião de coordenação de projeto, em geral, é a tomada de decisão sobre as questões do projeto, de forma objetiva e com qualidade. Quando se introduz um novo processo à forma de se produzir projetos, como é o caso do BIM, devemos analisar muitas variáveis implicadas nesta alteração. Esta pesquisa enfocou somente uma pequena parte destas variáveis, dentro de uma reduzida parte do processo BIM como um todo. Nas salas de coordenação, além de se considerar a dificuldade ainda incipiente dos participantes com a nova tecnologia, deve-se considerar a importante separação da visualização do modelo durante a reunião e do controle e operação do

software e hardware para que o modelo seja visualizado. Muitas vezes foi observado que os participantes acabam não se concentrando nas questões que realmente são necessárias (análise do projeto) pois estão envolvidos com as descobertas da tecnologia. A função da reunião é a discussão do projeto e não a manipulação de softwares ou hardwares, ou seja, o ser humano deve se concentrar na tarefa e não na ferramenta. O ideal é que a sala promova esta interatividade sem maiores problemas aos usuários. Enfocando esta característica principal, a análise do projeto, indica-se que os leiautes classificados como mais eficientes nesta pesquisa possam ser aplicados em salas de coordenação nos escritórios de projetistas, em construtoras, incorporadoras, escritórios de obras e também nos laboratórios técnicos das universidades, enfocando a formação de engenheiros e arquitetos no processo BIM. Recomenda-se que, antes dos usuários utilizarem equipamentos, devam receber um pequeno treinamento. Pode-se estipular um tempo pré-reunião para se passar os comandos básicos da tecnologia e como ela será operada durante a reunião. Outra situação que pode ocorrer é existir um controlador da sala, que opera o hardware e software para que os participantes possam se concentrar nas tarefas da reunião. Também pode ser um misto das duas situações anteriores: existir um controlador e ao mesmo tempo os participantes praticarem o mínimo de interação com a tecnologia a fim de expressarem suas necessidades do projeto. A interação entre participantes e equipamentos pode afetar o comportamento dos usuários. O fenômeno de interação com novas ferramentas tecnológicas propicia a motivação de novas ações sobre a análise de projetos em reunião, diferentes de somente visualização passiva de plantas ou elevações. Por exemplo, o participante da reunião pode se levantar de sua cadeira e ir à grande tela interativa, utilizando a caneta interativa, fazer observações no projeto que podem ser visualizadas e comentadas por todos, bem como salva em acervo e enviada a todos os participantes da reunião.

Apesar desta investigação ter sido focada em espaços destinados a reuniões em BIM, entende-se que a aplicação da metodologia possa se estender a demais processos de projeto digital que utilizem equipamentos de visualização e interação como forma de expressão dos projetos. Sistemas estes que podem ser desde 3D anteriores ao BIM, como qualquer tipo de arquitetura que utilize a tecnologia da informação e comunicação.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho representa mais um passo no sentido da implementação do processo BIM no Brasil. Os diversos setores de projeto ainda passam por fase de transição entre um momento “analógico” para um momento “digital”. Apesar dos processos atuais utilizarem sistema CAD 2D, este ainda funciona como um ferramental de representação bidimensional. O processo BIM pressupõe interatividade e colaboração, bem como enxergar as partes do projeto como objetos que o formam. Essa nova visão tem que ser difundida e assimilada durante todo o ciclo de vida da edificação, do qual a fase de projeto é uma das iniciais.

O trabalho aqui apresentado mostrou o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar configurações de leiaute de salas de coordenação de acordo com as necessidades dos usuários. O levantamento destas necessidades foi o norte para o estabelecimento de todos os parâmetros desta metodologia.

Medir a qualidade e produtividade de reuniões em ambientes BIM e não BIM e, com estes dados, comparar para análise também pode ser um bom indicativo para próximas investigações.

As novas investigações sobre reuniões em BIM já devem partir do princípio do uso desta pesquisa com os leiautes melhor classificados e se aprofundar em outras questões, como custo, análise de equipamentos, usabilidade na coordenação de projetos em BIM.

Acredita-se que com os dados gerados possa se contribuir para novas investigações e proposições de instalações para melhor atender aos usuários de reuniões BIM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 240p.

ADDOR, M.R.A.; SANTOS, E.T. Espaços interativos de coordenação de projetos em BIM: uma comparação entre Brasil e EUA. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3, 2013, Campinas. **Anais ...** Campinas: ANTAC, 2013. p.832-843.

_____. Infraestrutura para uma sala de coordenação de projetos em BIM: avaliação dos padrões de comunicação e requisitos. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014. p. 2964-2973.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1:2013**: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 9241-11** Requisitos ergonômicos para trabalho de escritórios com computadores Parte 11- Orientações sobre Usabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. **NBR ISO 9241-210:2011**: Ergonomia da Interação Humano-Sistema. Parte 210: Projeto Centrado no Ser Humano para sistemas interativos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 10006** Sistemas de gestão da qualidade- Diretrizes para a gestão da qualidade de empreendimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR 10152:1987**: Níveis de Ruído para Conforto Acústico-Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 13532** Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

AUSTIN, S.; BALDWIN, A. ;NEWTON, A. **Manipulating the Flow of Design Information to Improve the Programming of Building Design**. Construction Management and Economics, London, v.12,n.5,p. 445-455, 1994.

BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the agenda of design management research. In: 6TH ANNUAL CONF., INT. GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, **Proceedings of...**, International Group for Lean Construction, 1998, Disponível em : <http://iglc.net/?page_id=111>Acesso em 02 jan.2014.

BIBBY, L.; BOUCLAGHEM, N. M.; AUSTIN, S.A. **The impact of a design management training initiative on project performance**. Engineering, Construction and Architectural Management, Leicestershire, UK,v.13 , n.1, p.7-26, 2006.

BOWMAN, D.A. et al. **3D User Interfaces Theory and Practice**. Boston: Pearson Education, Inc, 2005. 478p.

CARVALHO JR, J.M.N. **Prática de arquitetura e conhecimento técnico**. Tese de Doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1994.

CHARIF, H.N.; McKENNA, S.J. Tracking the activity of participants in a meeting. **Machine Vision and Applications**. Berlin. v.17, n.2, p.83-93.

CHARTERED INSTITUTE OF ERGONOMICS & HUMAN FACTORS. What is ergonomics?. Loughborough, 2015. Disponível em: < <http://www.ergonomics.org.uk/what-is-ergonomics>>. Acesso em: 20 jan.2015.

CORNICK, T. **Quality Management for Building Design**. Rushden: Butterworth, 1991.218 p.

DENNIS, A.R; FULLER, R.M.; VALACICH, J.S. Media, tasks, and communication processes: A theory of media synchronicity. **MIS Quarterly**. Minneapolis, v.32, n.3, p.575-600, 2008.

DIFFRIENT, N.;TILLEY, A.;BARDAGJY, J. Humanscale 1/2/3: a portfolio of information. Nova Iorque. The MIT Press.1979.32p.

EASTMAN , C. et al. BIM HANDBOOK, **A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2008. 490p.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2002.

FERREIRA, A.B.H. **AURELIO**: O dicionário da língua portuguesa. 8ª.ed. Curitiba: Positivo, 2010.856p.

FERREIRA, R.C. Os diferentes conceitos entre gerência, coordenação e compatibilização de projetos na construção de edifícios. In: Workshop nacional: gestão de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. **Anais...**São Carlos: EESC/USP,2001. Disponível em:<http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/OS_DIFERENTES_CONCEITOS-GERENCIA-COORDENACAO-COMPATIBILIZACA.pdf> Acesso em 18 dez.2013.

FISCHER, M.; STONE, M.; LISTON, K.; KUNZ, J.; SINGHAL,V. Multi-Stakeholder collaboration: The CIFE iRoom, In: CIB W78 Conference 2002. Denmark, 2002. **Proceedings of...** Denmark: Aarhus School of Architecture, 2002. Disponível em: <<http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2002-103.content.pdf>>. Acesso em 20 mai. 2012.

FOX, A.; JOHANSON, B.; HANRAHAN P.; WINOGRAD, T. Integrating Information Appliances into an Interactive Workspace. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v.20, n.3, p. 54-65, 2000.

FRUCHTER, R. Bricks & Bits Interaction. In: TERANO, T. et al. **New Frontiers in artificial Intelligence**. New York, 2001, p.35-42.

FRUCHTER, R. **The FISHBOWL**: Degrees of Engagement in Global Teamwork. In: 13th EG-ICE Workshop 2006, June 25-30, Ascona, 2006. **Proceedings of....**, p241-257.

FRUCHTER, R. et al. Collaborative design exploration in an interactive workspace. **AI EDAM-Artificial Intelligence Engineering Design Analysis and Manufacturing**, v. 21, n. 3, p. 279-294, 2007.

GENERAL SERVICES ADMINISTRATION-GSA. **GSA BIM Guide series 01**: BIM guide overview- version 0.60. Washington: General Administration Services, 2007. Disponível em: <<http://www.gsa.gov/portal/content/102276>>. Acesso em: 07 mar. 2013.

GIDO, J.; CLEMENTS, J.P. **Gestão de Projetos**. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 451p.

GLAVAN, J. R.; TUKER, R. L. **Forecasting Design Related Problems - Case Study**. Journal of Construction and Engineering management, Cambridge, MA, v. 117, n. 1, p. 47-65, 1991.

GOLPARVAR-FARD, M.; STAUB-FRENCH, S.; PO, B.; TORY, M. Requirements of a mobile interactive workspace for design development and coordination. In: JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND DECISION MAKING IN CIVIL & BUILDING ENGINEERING. 11. **Proceedings of...** Montreal: ASCE, 2006. p.3587-3596. Disponível em: <http://manigolparvar.com/conferencepapers/golparvarfardetal_2006_ASCE_ICCEBEXI.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G., **Decision Analysis For Management Judgment**. Chichester: John Wiley & Sons Ltda, 2004. 477p.

GOPINATH, R. **Immersive virtual facility prototyping for design and construction process visualization**, 2004. Tese de Doutorado. The Pennsylvania State University, University Park, State College, PA, 2004.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v.19, p.988-999, 2010.

GU, N. ; KIM, M.J.; MAHER, M.L. Technological advancements in synchronous collaboration: The effect of 3D virtual worlds and tangible user interfaces on architectural design. **Automation in Construction**, Maryland, USA, v.20, n.3, p. 270-278, 2011.

HAGEN, S.; SANDNES, F.E. Visual scoping and personal space on shared tabletop surfaces. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, Salerno, IT, v.3, p. 95-102, 2012.

HIIPAKKA, J.; et al. Implementation issues of 3D audio in a virtual room. In: 13th Symposium of IS&T/SPIE, Electronic Imaging 2001 . San Diego, 2001. **Proceedings of...** SPIE v. 4297. Disponível em: <https://mediatech.aalto.fi/~ktlokki/Publs/4297_55.pdf>. Acesso em 05 jan. 2014.

ILDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 2005. São Paulo. 614p.

ISSA, M. et al. Using interactive workspaces for team design project meetings. In: 7o. INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTRUCTION APPLICATIONS OF VIRTUAL REALITY. **Proceedings of...**State College: CONVR 2007. Disponível em <<http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?a72e>> Acesso em: 22 jan. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-2:1992**: Ergonomic Requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 2: Guidance on Task Requirements. Suíça, 1992.

_____. **ISO/IEC 25010:2011**: Systems and Software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) –System and Software quality models. Suíça, 2011.

JIANG, H.; YEN, C. Protocol analysis in design research: a review. **Journal Paper**, v. 78, n. 24, p. 16, 2009.

JO, H.J., GERO, J. S. Space layout planning using an evolutionary approach. **Artificial Intelligence in Engineering**, n.12, p.149-162, 1996.

JOHANSON,B.; FOX,A.;WINOGRAD,T. The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms. **Journal IEEE Pervasive Computing**. Estados Unidos. v.1, n2, p.67-74, abril 2002.

JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING AND DECISION MAKING IN CIVIL & BUILDING ENGINEERING. 11. **Proceedings of...** Montreal: ASCE, 2006. P.3587-3596, Disponível em: <http://manigolparvar.com/ConferencePapers/GolparvarFardetal_2006_ASCE_ICCEBEXI.pdf>. Acesso em: 21 out. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9241-2:1992**: Ergonomic Requirements for office work with visual display terminals (VDTs) Part 2: Guidance on Task Requirements. Suíça, 1992.

_____. **ISO/IEC 25010:2011**: Systems and Software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) –System and Software quality models. Suíça, 2011.

KASANEN, E.; LUKKA, K. The constructive approach in management accounting research. **Journal of management accounting research**, n. 5, p. 243-264, 1993.

KOCK, N. The Psychobiological Model: Towards a New Theory of Computer-Mediated Communication Based on Darwinian Evolution. **Organization Science**. v. 15, n.3, p. 327-348, 2004.

KORMAN, T. M.; TATUM, C. B. Computer Tool for Coordinating MEP Systems.In: Eighth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VIII). Stanford, 2000. **Proceedings of...**Stanford: ICCCBE-VIII,

2000.p.1172-1179. Disponível em:
<<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40513%28279%29153>>. Acesso em 10
jan.2014.

LEICHT, R. M. **A framework for planning effective collaboration using interactive workspaces**. 2009. Ph.D. Thesis (Architectural Engineering), Pennsylvania State University, 2009. 260p

LEICHT, R.M.; MESSNER, J. I. **Comparing physical or virtual mock-up: A case study**. Pennsylvania. Department of Architectural Engineering, the Pennsylvania State University, University Park, 2009.

LIND, M. R.; ZMUD, R. W. The Influence of a Convergence in Understanding Between Technology Providers and Users on Information Technology Innovativeness. **Organization Science**. v.2, n.2, p. 195-217, 1991.

LISTON, K.; FISCHER, M.; KUNZ, J. Requirements and Benefits of Interactive Information Workspaces in Construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 8., **Proceedings of...**, Stanford University, 2000. Disponível em: <http://www.stanford.edu/group/4D/workspace/papers/ASCE2000-RequirementsKL.pdf>. >. Acesso em: 12 out. 2012.

MANO, A.L. Encontros no mundo moderno: pessoalmente ou online? Disponível em:
<http://www2.uol.com.br/vyaestelar/presencial_online.htm>. Acesso em 24 jan.2015.

MARQUES, G.A.C. **O projeto na engenharia civil**. São Paulo, 1979. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MCGRATH, J.E. Groups and Human Behavior. In: MCGRATH, J.E. **Groups: Interaction and Performance**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1984, p. 12-19.

McGRAW-HILL CONSTRUCTION **The Business Value of BIM in North America. Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012)**. SmartMarket Report. 2012.

_____. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling**. SmartMarket Report. 2014.

MELHADO, S.B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, S.B. (Coordenador) et al. **Coordenação de projetos de edificações. São Paulo**. O Nome da Rosa, 2005. 120p.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V.; O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139, São Paulo: EPUSP, 1995. 20p. Disponível em :
<<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT139.pdf>>. Acesso em: 07 Mar.2013.

MERRIAM-WEBSTER. Random House Kernerman Webster's College Dictionary. Random House, Inc Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/collaborative>>. Acesso em: 23 Jan.2014.

MIRANDA, S. M., AND SAUNDERS, C. S. The Social Construction of Meaning: An Alternative Perspective on Information Sharing. **Information Systems Research**. v.14,n.1, p. 87-106, 2003.

MTE- Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-17-ERGONOMIA**. Portaria GM n.3214,2007. Disponível em <[FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf](#)>. Acesso em 12 mar 2015.

NIBS. National Building Information Modeling Standard. **Facilities Information Council, National Institute of Building Standards**, 2007.Washington.

_____. **National Building Information Modeling Standard version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies**. 2008. 183 p.

OGUETA,C.M.S. **User Innovation in Digital Design and Construction: Dialectical Relations between Standard BIM tools and Specific User Requirements**. 2003.147 p. Dissertação de Mestrado – Massachusetts Institute of Technology , Cambridge, MA, 2012. Disponível em: <<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/72975>>. Acesso em 17 jan. 2014.

OTTER, A.F.H.J.; EMMIT, S. **Design Team communication and Design Task Complexity, the Preference for Dialogus**. Architectural Engineering and Design Management, Eindhoven, v.4, n.2, p. 121-129,2008.

OVIATT, S.; COULSTON,R. LUSFORD,R. When do we interact multimodally? Cognitive load and multimodal communication patterns. In: 6th International Conference on Multimodal Interfaces. ACM, 2004. **Proceedings of...** p.129-136. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1027957&dl=ACM&coll=DL&CFID=523776178&CF_TOKEN=34656925>. Acesso em 20 jan.2015.

OYEGOKE, A. The constructive research approach in project management research. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 4, n. 4, p. 573-595, 2011.

OYEGOKE, A. Specialist Task Organisations Procurement Approach for Re-engineering Construction Project Processes. **Otamedia**, Espoo, p. 107,2007.

OXFORD PROPERTIES. Destination collaboration:the future of work,2009. Disponível em: < <http://www.oxfordproperties.com/corp/Web/default.aspx>> . Acesso em 22 jan.2014.

PANERO, J.; ZELNIK, M. Human Dimension & Interior Space – A Source book of design reference standards. New York: Watson-Guption Publications..1979.320p.

PICORAL, R. Método de gerência de documento, uma contribuição na atividade de

coordenação de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9.,2002, Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002.p. 1499-1512.

PRATES, A. Reunião presencial ou virtual? Qual é melhor? **Revista Huma**, abr-2011 Disponível em: <<http://www.lg.com.br/huma/mercado/reuniao-presencial-ou-virtual-qual-e-melhor>> Acesso em: 26 mai.2015.

RANKIN, J. et al. Using interactive workspaces for team design project meetings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION APPLICATIONS OF VIRTUAL REALITY. 7. **Proceedings of...**State College, 2007. Disponível em <<http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?a72e>> Acesso em : 22 jan. 2015.

ROBERT, L., AND DENNIS, A. R. The Paradox of Richness: A Cognitive Model of media Choice. **IEEE Transactions on Professional Communication**. v.48, n.1, pp.10-21, 2005.

RODRÍGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. 2005, 172p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ROSEMAN, M., GREENBERG, S. TeamRooms: Network places for collaboration. In: 1996 ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK. **Proceedings of...** NY, 1996. Disponível em : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=240319&dl=ACM&coll=DL&CFID=523776178&CF_TOKEN=34656925>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**.UK. v.1,n.1, p. 83-98,2008.

SAATY,T.L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Jornal of Operation Research**. Polonia.v.48,n.1,p.9-26,Setembro 1990.

SAATY, T.L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill Inc. USA. 1980. 287p.

SANTOS, E. T. BIM Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil. In: PRATINI, E. F.;SILVA JUNIOR, E.A. **Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto**. 1ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, p. 25-62.

SANTOS, E.T.; FERREIRA, R.C. Building design coordination: comparing 2D and 3D methods. In: CIB W78 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION, 25, 2008, Santiago.

SCHREYER et al. **CIFE iRoom XT Design & Use**. CIFE Technical Report # 114 – Stanford University, Stanford, 2002. Disponível em: <cife.stanford.edu/sites/default/files/TR144.pdf>. Acesso em 21 Nov.2012.

SENESCU, R. R. Design Process Communication Methology. Ph.D. Thesis (Civil and Environmental Engineering), Stanford University, 2011. 152 p.

SHELDEN, D.R.; FISCHER, M.A.; POLLALIS,S.N.; KU,K. 3D Model-Based Collaboration IN Design Development and Construction of Complex Shaped Buildings. **ITcon**. Nova Zelandia.v.13, p.258-285, junho, 2008.

SILVA, M. A. C. S.; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa. 2003. 181p.

STAUB-FRENCH,S.; KHANZODE, A. 3D and 4D Modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned. **ITcon**, New Zealand, v.12, p.381-407,2007.

STREITZ, N.A., et al. i-LAND: An interactive landscape for creativity and innovation. In: CHI 99 – ACM CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 1999 Pittsburgh, PA.

WIGDOR, D. et al. WeSpace: The design, development, and deployment of a walk-up and share multi-surface collaboration system. In: 27TH CHI CONFERENCE – USING TABLETOPS FOR EDUCATION, SCIENCE, AND MEDIA, 2009, Boston.

WILLIAMS, E. Experimental Comparisions of face-to-face and mediated communication: a Review. **Psychological Bulletin**, Washington, v.84, n.5, p.963-976, 1977.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v.18, p.357-3175,2008.

ZMUD, R. W., LIND M. R., YOUNG, F. W. An Attribute Space for Organizational Communication Channels. **Information Systems Research**. v.1, n.4, p. 440-457,1990.

APÊNDICE A
Ficha de Reunião de Coordenação

EMPREENDIMENTO

Nome do empreendimento: **Sigilo**

Tipologia: **Uso Misto (Comercial - Hotel e Residencial)**

Implantação: **2 Torres**

Construída Total: **Comercial - Hotel: 23.686, 51m² / Residencial: 13.992,22m²**

Área do Terreno: **Comercial: 2.588, 81m² / Residencial:1541,75m²**

EMPRESA

Incorporadora: **Sigilo**

Construtora: **Sigilo**

PARTICIPANTES DA REUNIÃO

Participante 1: <...> - <sigilo> – Arquiteta desenvolvimento

Participante 2: <...> - <sigilo> – Arquiteta de produto Incorporadora.

Participante 3: <...> - <sigilo> – Arquiteta de produto Incorporadora.

Participante 4: <...> - <sigilo> – Arquiteto de produto Incorporadora.

Participante 5: <...> - <sigilo> – Arquiteta de produto Incorporadora.

Participante 6: <...> - <sigilo> – Arquiteta de produto Incorporadora.

Participante 7: <...> - <sigilo> – Arquiteta de produto Incorporadora.

Participante 8: <...> - <sigilo> – Engenheiro ar condicionado.

Participante 9: <...> - <sigilo> – Arquiteto Consultor Hotel.

Participante 10: <...> - <sigilo> – Engenheiro de instalações

Participante 11: <...> - <sigilo> – Assistente de coordenação

Participante 12: <...> - <sigilo> – Engenheiro de instalações

Participante 13: <...> - <sigilo> – Engenheiro de instalações

Participante 14: <...> - <sigilo> – Engenheiro - Consultor de instalações.

Participante 15: <...> - <sigilo> – Engenheiro - Consultor de instalações.

Participante 16: <...> - <sigilo> – Coordenador de projetos

Participante 17: <...> - <sigilo> – Assistente de coordenação

Participante 18: <...> - <sigilo> – Arquiteta paisagista

DADOS DA COORDENAÇÃO:

Reunião de Kick off: 13/03/2013

Data desta reunião: 24/05/2013

Fase do Projeto: Estudo Preliminar

Número de reuniões registradas em vídeo: 07

Datas das reuniões : 03/05/13 – 08/10/13 – 10/10/13 – 14/05/13 – 21/08/13 –
24/04/13 – 24/05/13

Local das reuniões: Sigiloso.

Infra estrutura: Mesa semi oval de madeira caramelo / quatro notebooks / plantas abertas de projeto sobre a mesa / cadernos e folhas para anotações / uma tela.

CROQUI PARTICIPANTES:

APÊNDICE C

Planilha de levantamento de necessidades dos usuários das salas

	INTERFACES: F: FÍSICA ; I: INFORMACIONAL		
	TIPOS DE INTERAÇÃO: P-P: PARTICIPANTE- PARTICIPANTE		
1	P-P : PARTICIPANTE- PARTICIPANTE		
2	P- S : PARTICIPANTE- ESPAÇO		
3	P-E: PARTICIPANTE EQUIPAMENTO		
4	E-E : EQUIPAMENTO - EQUIPAMENTO		
5	E-S: EQUIPAMENTO- ESPAÇO		
6	M-E: MOBILIÁRIO- EQUIPAMENTO		
7	M-M: MOBILIÁRIO- MOBILIÁRIO		
8	M-S: MOBILIÁRIO - ESPAÇO		
9	M-P: MOBILIÁRIO - PARTICIPANTE		
	MAPEAMENTO DE REQUISITOS PARA USO DA SALA BIM - em coordenação de projetos		
#	REQUISITO	INTERFACE	TIPO DE INTERAÇÃO
1	Local para sentar e apoiar caderno de anotações	F	M-E
2	local para sentar e apoiar o computador/ tablet	F	M-E
3	ligar o computador	F	E-S
4	ter acesso a internet	F	E-S
5	Abrir o software de apresentação das interferências do modelo no computador da sala	I	E-E
6	Abrir o software de criação do modelo nativo no computador da sala	I	E-E
7	Buscar um arquivo externo pela internet	F	E-S
8	Instalar o software do projetor interativo nos computadores dos participantes	I	E-E
9	PARTICIPANTE DA REUNIÃO MOSTRAR UM MODELO 3D PARA TODOS	I	P-E
10	VISUALIZAR os modelos de todos os participantes durante a reunião	I	P-E
11	colocar o seu projeto no computador da reunião (servidor)	I	E-E
12	TODOS VISUALIZAREM Uma IMAGEM DE VENDAS	I	P-E
13	Ampliar um detalhe na imagem de vendas	I	P-E
14	Todos visualizarem uma planilha	I	P-E
15	Alterar informações em uma planilha	I	P-E
16	mostrar um texto a todos	I	P-E
17	exibir um vídeo	I	P-E
18	escrever um texto para ele próprio	I	P-P
19	inserir um pen drive de outro participante no computador da sala	I	E-E
20	plugar seu notebook PC no telao ou projetor que está sendo utilizado na sala	I	E-E
21	plugar seu notebook APPLE no telao ou projetor que está sendo utilizado na sala	I	E-E
22	Dar zoom em um modelo	I	P-E
23	Andar através do modelo tridimensional (navegação no modelo)	I	P-E
24	Inserir obs no modelo	I	P-E
25	Alterar a geometria de partes do modelo	I	P-E

26	Alterar posição de elementos existentes no modelo	I	P-E
27	Fazer design Review (usando recursos do software de compatibilização)- mark up durante a reunião	I	P-E
28	Fazer design Review com a caneta do projetor interativo	I	P-E
29	fazer um croquis sobre dúvida do projeto e mostrar a todos	I	P-E
30	elucidar uma questão do projeto/ modelo - através de ampliação do detalhe do mesmo	I	P-E
31	DIGITAR uma ata da reunião	I	P-E
32	fazer uma proposta de alternativa no projeto durante a reunião	I	P-E
33	mostrar o modelo para todos como um todo e ao mesmo tempo as partes onde há problemas	I	P-E
34	navegar nas observações dos clash, mostrando para todos	I	P-E
35	navegar no modelo/ alterar a posição do modelo no software que está sendo utilizado - mostrar para todos	I	P-E
36	Buscar softwares instalados no computador da sala	I	P-E
37	ampliar os detalhes dos clash	I	P-E
38	medir o modelo-	I	P-E
39	visualizar trechos específicos de uma documentação	I	P-E
40	fazer pesquisa de produtos usando a internet durante a reunião	I	P-S
41	ter iluminação suficiente para não dormir e ao mesmo tempo enxergar o que está na tela sem ofuscamento	F	P-S
42	temperatura da sala deve ser confortável para a atividade - tem que ter ar condicionado	F	P-S
43	Possibilidade de alteração de lay out (flexibilidade) de acordo com o assunto ou número de participantes na reunião	F	M-M
44	ter onde apoiar seus objetos pessoais	F	P-M
45	sentar em posição em relação a tela que possa ver o que está sendo mostrado	F	P-M
46	apontar na tela o que está sendo discutido	I	P-E
47	mostrar duas imagens do projeto ao mesmo tempo (pelo menos duas)	I	P-E
48	Mostrar as dúvidas nos diversos modelos aos participantes da reunião	I	P-E
49	Ter espaço para abrir documentos impressos	F	P-M
50	Participante interagir com o que está sendo mostrado na tela e não precisar usar gestos	I	P-E
51	Ter condições técnicas de tomar decisão no projeto (alterações ou propostas)	I	P-E P-S
52	Mostrar a especificação de materiais que possam ser utilizados no projeto	I	P-E
53	Poder explicar detalhes do projeto em croquis digital	I	P-E
54	Poder explicar detalhes do projeto em croquis manual	I	P-E
55	Poder circular na frente da imagem	F	M-E
56	Visualizar documentos simultaneamente (DUAS IMAGENS- MODELO E PLANTA POR EXEMPLO)	I	P-E
57	Verificar desenhos ou textos próprios sem compartilhar com os demais	I	P-P
58	Facilidade de plugar equipamentos(infraestrutura preparada)	F	E-S
59	Gerar solução para os problemas previamente encontrados	I	P-P

60	Gerar alternativa de análise para os problemas encontrados	I	P-P
61	Entender o projeto	I	P-E
62	compartilhar a solução do projeto	I	P-E
63	Avaliar alternativas para soluções	I	P-E
64	selecionar a melhor solução para o projeto	I	P-P
65	Diminuir o tempo gasto nas reuniões de projeto	I	P-E
66	Aumentar a qualidade do projeto	I	P-P
67	Facilitar a comunicação entre as equipes de projeto (diminuir latência)	I	P-P
68	Evidenciar a comunicação entre as equipes e os clientes	I	P-P
69	Dar possibilidade do Head da empresa operar o modelo sem precisar de apoio operacional (homogeneidade ou heterogeneidade da equipe)	I	P-E
70	Poder exibir projetos de grande porte e de pequeno porte	I	P-E
71	Poder mostrar e discutir um modelo em pequeno grupo	I	P-E
72	Poder dar o feedback rapidamente a uma questão de um participante da reunião/ diminuição de latência	I	P-P
73	Conseguir rever ações que ocorrerem na sala através de filmagens	I	P-E
74	Apontar itens no modelo para que todos vejam	I	P-E
75	Passar informações de um iphone para o projetor	I	E-E
76	Ser capaz de passar informações de um ipad / tablet para o projetor	I	E-E
77	Usuário poder regular altura da cadeira	F	P-M
78	Ajustar encosto da cadeira	F	P-M
79	Mobiliário Dar suporte ao equipamento	F	M-E
80	Dar segurança ao equipamento	F	M-E
81	Ligar os equipamentos	F	E-S
82	Flexibilidade das mesas na organização de diferentes lay out	F	M-M
83	Um participante poder se comunicar com outro participante	F	M-P
84	Salvar um arquivo produzido em reunião	I	P-E
85	Poder organizar o espaço físico de acordo com as necessidades específicas da reunião	F	M-M
86	O espaço tem que dar condições para o uso individual e coletivo	F	P-S
87	O espaços deve fornecer consições para comunicações interpessoais	F	P-S
88	As ferramentas para serem utilizadas na reunião (hardware e sogtware) devem estar facilmente disp	F	M-E
89	O participante deve ter conforto térmico	F	P-S
90	O participante deve ter conforto acústico	F	P-S
91	O participante deve ter conforto lumínico	F	P-S
92	O participante deve ter condições de se comunicar facilmente com ooutro participante	F	M-P
93	O espaço deve dar condições de se adicionar novas ferramentas	F	M-E
94	Instalar o software do aplicativo do projetor (caneta) nos computadores dos participantes	I	E-E
95	O participante ser capaz de conectar seu computador a um servidor da sala	F	E-S
96	O espaço deve dar opção para trabalho individual e coletivo ao mesmo tempo	F	P-S
97	Criação de um croquis	I	P-E
98	criação de um texto	I	P-E
99	visualização de uma planta ou documento escrito ou planilha	I	P-E

100	discussão sobre o projeto	I	P-P
101	anotação de informações	I	P-E
102	colocar informação no modelo	I	P-E
103	retirar informação do modelo	I	P-E
104	rotacionar informação do modelo	I	P-E
105	digitar texto próprio	I	P-P
106	pegar informações aleatórias	I	P-E
107	ROLAMENTO DE UM TEXTO	I	P-E
108	WALK THROUG EM UM MODELO	I	P-E
109	dar zoom em um modelo	I	P-E
110	dar zoom em uma planilha	I	P-E
111	dar zoom em um texto	I	P-E
112	dar zoom em uma imagem	I	P-E
113	exibir uma imagem de vendas	I	P-E

Métrica 3
Max Ang Vert Visual Tel

Usuário	Ângulo
C1-C12	21,81
C2-C11	18,78
C3-C10	16,01
C4-C9	13,72
C5-C8	14
C6-C7	15,51

C1-C12

C2-C11

C3-C10

C5-C8

C4-C9

C6-C7

Índice de Interatividade												
Distância	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0,65	1,3	1,96	2,46	2,75	3,27	3,8	4,33	4,08	3,92	3,86
2	0,65	0	0,65	1,3	1,86	2,24	2,86	3,44	4,08	3,92	3,86	3,91
3	1,3	0,65	0	0,65	1,33	1,82	2,54	3,19	3,92	3,86	3,92	4,07
4	1,96	1,3	0,65	0	0,95	1,56	2,36	3,05	3,86	3,92	4,08	4,33
5	2,46	1,86	1,33	0,95	0	0,64	1,45	2,14	2,99	3,14	3,4	3,76
6	2,75	2,24	1,82	1,56	0,64	0	0,81	1,5	2,36	2,54	2,85	3,27
7	3,27	2,86	2,54	2,36	1,45	0,81	0	0,69	1,56	1,82	2,24	2,75
8	3,8	3,44	3,19	3,05	2,14	1,5	0,69	0	0,9	1,29	1,84	2,44
9	4,33	4,08	3,92	3,86	2,99	2,36	1,56	0,9	0	0,65	1,3	1,96
10	4,08	3,92	3,86	3,92	3,14	2,54	1,82	1,29	0,65	0	0,65	1,3
11	3,92	3,86	3,92	4,08	3,4	2,85	2,24	1,84	1,3	0,65	0	0,65
12	3,86	3,91	4,07	4,33	3,76	3,27	2,75	2,44	1,96	1,3	0,65	0

Índice de Interatividade												
Ângulo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	90	90	90	68,82	56,31	44,39	37,09	26,75	18,57	9,54	0
2	90	0	90	90	61,56	47,02	35,01	28,41	18,57	9,54	0	9,54
3	90	90	0	90	48,04	32,87	22,87	18,05	9,54	0	9,54	18,57
4	90	90	90	0	20,69	12,38	8,15	6,31	0	9,54	18,57	27,75
5	68,82	61,56	48,04	20,69	0	90	90	90	83,61	71,74	61,29	52,56
6	56,31	47,02	32,87	12,38	90	0	90	90	81,89	67,24	55,13	45,76
7	44,39	35,01	22,87	8,15	90	90	0	90	77,72	57,34	43,21	33,91
8	37,09	28,41	18,05	6,31	90	90	90	0	68,48	40,73	27,41	20,36
9	26,75	18,57	9,54	0	83,61	81,89	77,72	68,48	0	90	90	90
10	18,57	9,54	0	9,54	71,74	67,24	57,34	40,73	90	0	90	90
11	9,54	0	9,54	18,57	61,29	55,13	27,41	27,41	90	90	0	90
12	0	9,54	18,57	27,75	52,56	45,76	20,36	20,36	90	90	90	0

Índice de Interatividade

STRUC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

ESPAÇO
STÂNCIA

1	0,77
2	0,77
3	0,77
4	0,77
5	0,77
6	0,77
7	0,77
8	0,77
9	0,77
10	0,77
11	0,77
12	0,77

APÊNDICE E

Cálculo de Matrizes AHP

Exemplo de Cálculo de Matrizes AHP para o subcritério ângulo de movimentação do observador

ANÁLISE DE PARES - SUB SUBCRITÉRIOS- MOVIMENTAÇÃO				
FORAM ANALISADAS AS OPINIÕES DE 10 ENTREVISTADOS (4 COORD- 2 COMPATB- 4 PROJETISTAS VEDAÇÕES)				
COORD 1	natalia			
maior vetor real	4,043			
5.7396081655497015 ; 5.7396081655497015 ; 2.2429505861640266 ; 1				
5,7396	0,3899	A< 40 graus		
5,7396	0,3899	40<A<70		
2,2429	0,1523	70<A<110		
1,0000	0,0679	A > 110		
14,7221	1,0000			
λmax	4,043			
CI=	0,043	0,014333		
CR=	0,016105			
Characteristic Polynomial:				
-x^4 + 4x^3 + 0.711111111111111x				
Real Eigenvalues: { 0 ; 4.043493461607891 }				
Complex Eigenvalues: { -0.021746730803945624-0.4187990058889142i ; -0.021746730803945624+0.4187990058889142i }				
Eigenvectors:				
for Eigenvalue -0.021746730803945624-0.4187990058889142i:				
[-1.891543213209634-2.890136557494228i ; -1.891543213209635-2.8901365574942295i ; -0.7953883365602743+2.211766851326348i ; 1]				
for Eigenvalue -0.021746730803945624+0.4187990058889142i:				
[-1.891543213209634+2.890136557494228i ; -1.891543213209635+2.8901365574942295i ; -0.7953883365602743-2.211766851326348i ; 1]				
for Eigenvalue 0:				
[-1 ; 1 ; 0 ; 0]				
for Eigenvalue 4.043493461607891:				
[5.7396081655497015 ; 5.7396081655497015 ; 2.2429505861640266 ; 1]				

COORD 3		miriam								MATRIZ DE COMPARAÇÃO DE PARES						
											A< 40 graus	40<A<70	70<A<110	A > 110		
maior vetor real		4,034								A< 40 graus	1	2	3	6		
										40<A<70	1/2	1	2	5		
7.548247347993951 ; 4.589001153431946 ; 2.5743790164896323 ; 1										70<A<110	1/3	1/2	1	3		
										A > 110	1/6	1/5	1/3	1		
7,5482	0,4804	A< 40 graus														
4,5890	0,2921	40<A<70														
2,5743	0,1638	70<A<110														
1,0000	0,0636	A>110														
15,7115	1,0000															
λmax		4,034														
CI=		0,034		0,011333												
CR=		0,012734														
Characteristic Polynomial:																
-x^4 + 4x^3 + 0.55x + 0.0111111111111112																
Real Eigenvalues: { -0.020142288461597782 ; 4.033967794181927 }																
Complex Eigenvalues: { -0.006912752860164684-0.3697279057534639i ; -0.006912752860164684+0.3697279057534639i }																
Eigenvectors:																
for Eigenvalue -0.020142288461597782:																
[-4.2744094358065015 ; 5.65086133055055 ; -4.313738945811865 ; 1]																
for Eigenvalue -0.006912752860164684-0.3697279057534639i:																
[-1.9242705729582308-7.557293238408555i ; -3.4038035301615035+1.5630138103430296i ; -0.01632085400447404+1.731654615738091i ; 1]																
for Eigenvalue -0.006912752860164684+0.3697279057534639i:																
[-1.9242705729582308+7.557293238408555i ; -3.4038035301615035-1.5630138103430296i ; -0.01632085400447404-1.731654615738091i ; 1]																
for Eigenvalue 4.033967794181927:																
[7.548247347993951 ; 4.589001153431946 ; 2.5743790164896323 ; 1]																

COMPAT1		MATRIZ DE COMPARAÇÃO DE PARES				
		A< 40 graus	40<A<70	70<A<110	A > 110	
maior vetor real	4,117	A< 40 graus	1	3	5	7
		40<A<70	1/3	1	3	5
10.21984335637835 ; 4.7426766538837475 ; 2.125408470992245 ; 1		70<A<110	1/5	1/3	1	3
		A > 110	1/7	1/5	1/3	1
10,2198	0,5650	A< 40 graus				
4,7426	0,2622	40<A<70				
2,1254	0,1175	70<A<110				
1,0000	0,0553	A>110				
18,0878	1,0000					
λ_{max}	4,117					
CI=	0,117	0,039				
CR=	0,04382					
Characteristic Polynomial:						
-x^4 + 4x^3 + 1.9301587301587302x + 0.21671957671957673						
Real Eigenvalues: { -0.10948638956686885 ; 4.116982443447263 }						
Complex Eigenvalues: { -0.0037480269401970467-0.6933829405765881i ; -0.0037480269401970467+0.6933829405765881i }						
Eigenvectors:						
for Eigenvalue -0.10948638956686885:						
[-9.330916142925238 ; 5.649721073907654 ; -2.719327751791527 ; 1]						
for Eigenvalue -0.0037480269401970467-0.6933829405765881i:						
[-1.105078382926449-9.803263314577988i ; -4.055049432704921+0.3570385965449184i ; -0.10460939994344423+1.9070265837338563i ; 1]						
for Eigenvalue -0.0037480269401970467+0.6933829405765881i:						
[-1.105078382926449+9.803263314577988i ; -4.055049432704921-0.3570385965449184i ; -0.10460939994344423-1.9070265837338563i ; 1]						
for Eigenvalue 4.116982443447263:						
[10.21984335637835 ; 4.7426766538837475 ; 2.125408470992245 ; 1]						

COMPAT2		MATRIZ DE COMPARAÇÃO DE PARES					
			A< 40 graus	40<A<70	70<A<110	A > 110	
maior vetor real	4,288		A< 40 graus	1	3	3	7
			40<A<70	1/3	1	5	5
63311.16057383353 ; 39075 ; 14845.09935288799 ; 6632			70<A<110	1/3	1/5	1	3
			A > 110	1/7	1/5	1/3	1
63311,1600	0,5111	A< 40 graus					
39075,0000	0,3155	40<A<70					
14845,0990	0,1199	70<A<110					
6632,0000	0,0535	A>110					
123863,2590	1,0000						
λmax	4,288						
CI=	0,288	0,096					
CR=	0,107865						
Characteristic Polynomial:							
-x^4 + 4x^3 + 5.2063492063492065x + 0.40634920634920635							
Real Eigenvalues: { -0.07768163758448106 ; 4.288271707107868 }							
Complex Eigenvalues: { -0.10529503476169344-1.0994277510347297i ; -0.10529503476169344+1.0994277510347297i }							
Eigenvectors:							
for Eigenvalue -0.10529503476169344-1.0994277510347297i:							
[5.92513476592347-16.694839341456774i ; -11.948421651623015+0.30710146689678514i ; 1.3138244155786685+3.6723870130963543i ; 1]							
for Eigenvalue -0.10529503476169344+1.0994277510347297i:							
[5.92513476592347+16.694839341456774i ; -11.948421651623015-0.30710146689678514i ; 1.3138244155786685-3.6723870130963543i ; 1]							
for Eigenvalue -0.07768163758448106:							
[-7.22849267841239 ; 0.9961435536527472 ; -0.7328056113397847 ; 1]							
for Eigenvalue 4.288271707107868:							
[63311.16057383353 ; 39075 ; 14845.09935288799 ; 6632]							

[illegible]

PROJ 3		andré		MATRIZ DE COMPARAÇÃO DE PARES															
										A< 40 graus		40<A<70		70<A<110		A > 110			
maior vetor real		4,181								A< 40 graus		1		3		4		5	
										40<A<70		1/3		1		3		4	
7.735284194261427 ; 3.918665727447078 ; 1.9618601969676266 ; 1										70<A<110		1/4		1/3		1		3	
										A > 110		1/5		1/4		1/3		1	
7,7352		0,5292		A< 40 graus															
3,9186		0,2681		40<A<70															
1,9618		0,1342		70<A<110															
1,0000		0,0684		A>110															
14,6156		1,0000																	
λmax		4,181																	
CI=		0,181		0,060333															
CR=		0,06779																	
Characteristic Polynomial:																			
-x^4 + 4x^3 + 3.02222222222222x + 0.5671296296296297																			
Real Eigenvalues: { -0.17963648399771867 ; 4.1806766697032645 }																			
Complex Eigenvalues: { -0.0005200928527728799-0.8690015028690663i ; -0.0005200928527728799+0.8690015028690663i }																			
Eigenvectors:																			
for Eigenvalue -0.17963648399771867:																			
[-7.5023857136970555 ; 4.098393326372371 ; -2.1112730185541997 ; 1]																			
for Eigenvalue -0.0005200928527728799-0.8690015028690663i:																			
[-0.2738431782308181-7.621394286112995i ; -3.742364270612591+0.08396393659328166i ; -0.030481168660384417+1.9028591106156363i ; 1]																			
for Eigenvalue -0.0005200928527728799+0.8690015028690663i:																			
[-0.2738431782308181+7.621394286112995i ; -3.742364270612591-0.08396393659328166i ; -0.030481168660384417-1.9028591106156363i ; 1]																			
for Eigenvalue 4.1806766697032645:																			
[7.735284194261427 · 3.918665727447078 · 1.9618601969676266 · 1]																			

PROJ 4			MATRIZ DE COMPARAÇÃO DE PARES				
			A< 40 graus	40<A<70	70<A<110	A > 110	
maior vetor real		4,192	A< 40 graus	1	2	5	7
			40<A<70	1/2	1	3	5
10.251973162244306 ; 5.819789947820373 ; 2.816645894716535 ; 1			70<A<110	1/5	1/3	1	5
			A > 110	1/7	1/5	1/5	1
10,2519	0,5155	A< 40 graus					
5,8197	0,2926	40<A<70					
2,8166	0,1416	70<A<110					
1,0000	0,0503	A>110					
19,8882	1,0000						
λmax	4,192						
CI=	0,192	0,064					
CR=	0,07191						
Characteristic Polynomial:							
-x^4 + 4x^3 + 3.346666666666667x + 0.10285714285714286							
Real Eigenvalues: { -0.030699359794521677 ; 4.191854763113711 }							
Complex Eigenvalues: { -0.08057770165959477-0.8903859662360999i ; -0.08057770165959477+0.8903859662360999i }							
Eigenvectors:							
for Eigenvalue -0.08057770165959477-0.8903859662360999i:							
[-2.2323862593367134-6.801669814887895i ; -2.7992633118709422-2.4351297927130964i ; -1.009063582615093+2.841535543595382i ; 1]							
for Eigenvalue -0.08057770165959477+0.8903859662360999i:							
[-2.2323862593367134+6.801669814887895i ; -2.7992633118709422+2.4351297927130964i ; -1.009063582615093-2.841535543595382i ; 1]							
for Eigenvalue -0.030699359794521677:							
[-74.47561146938618 ; 56.81829253990482 ; -8.774924003601548 ; 1]							
for Eigenvalue 4.191854763113711:							
[10.251973162244306 ; 5.819789947820373 ; 2.816645894716535 ; 1]							