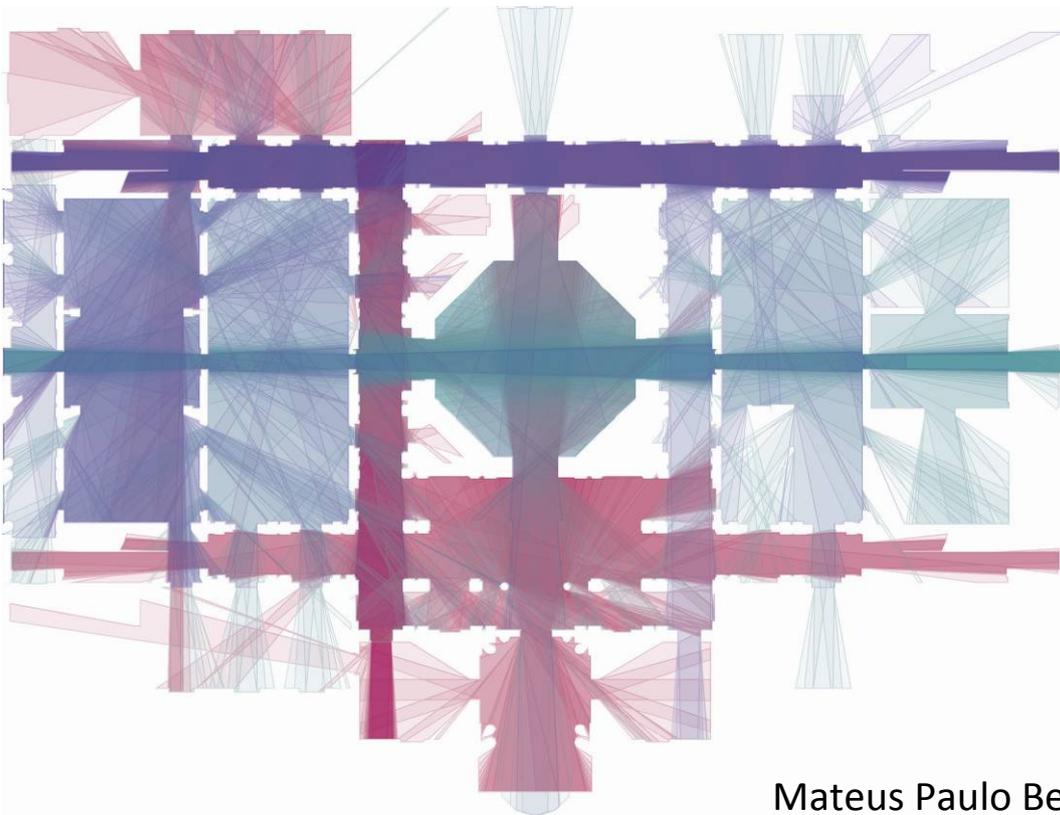


# Arquitetura, Visão e Movimento

O discurso de Paulo Mendes da Rocha na  
Pinacoteca do Estado de São Paulo



Mateus Paulo Beck  
Autor

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

Prof. Dr. Benamy Turkienicz  
Orientador

Porto Alegre, 2011

# Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida e por todas as bênçãos recebidas.

Agradeço à minha família, na pessoa dos meus pais Nestor e Iná,  
pelo amor e suporte incondicionais.

Agradeço aos meus alunos e aos meus mestres, na pessoa dos professores  
Germano Brune e Benamy Turkienicz, pela confiança em mim depositada.

Agradeço a todos os meus amigos, nas pessoas de Iara Prates e Luciana Snel,  
pelo apoio direto e indireto ao longo dessa jornada.

Agradeço ao arquiteto Paulo Mendes da Rocha pela inspiração  
e pela oportunidade de uma magistral aula de arquitetura

Agradeço à nação brasileira pelas oportunidades de  
aprendizado, crescimento e realização profissional em suas instituições,  
em especial a Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
e a Justiça Federal do Rio Grande do Sul.

Os meus sinceros agradecimentos.

# Sumário

|  |     |
|--|-----|
| Agradecimentos                               | 1   |
| Sumário                                      | 2   |
| Resumo                                       | 3   |
| Abstract                                     | 4   |
| Introdução                                   | 5   |
| 1. Revisão da Literatura                     | 14  |
| 1.1. Abordagem ecológica da percepção visual | 14  |
| 1.2. Isovistas                               | 18  |
| 1.3. Sintaxe espacial                        | 21  |
| 1.4. Inteligibilidade                        | 27  |
| 1.5. Grafos de Visibilidade                  | 30  |
| 1.6. Agentes                                 | 33  |
| 1.7. Paulo Mendes da Rocha e a Pinacoteca    | 35  |
| 2. Materiais e Métodos                       | 38  |
| 2.1. Situação Original                       | 40  |
| 2.2. Situação de Projeto                     | 44  |
| 2.3. Situação de Uso                         | 47  |
| 2.4. Estruturação Espacial                   | 50  |
| 2.4.1. Mapas Convexos                        | 50  |
| 2.4.2. Mapas Axiais                          | 51  |
| 2.5. Movimento de Visitantes                 | 52  |
| 2.5.1. Simulação Computacional               | 52  |
| 2.5.2. Amostragem                            | 53  |
| 2.6. Inteligibilidade                        | 55  |
| 2.6.1. Informação Visual                     | 55  |
| 2.6.2. Inteligibilidade do Pavimento         | 57  |
| 2.6.3. Inteligibilidade de Percursos         | 57  |
| 3. Resultados e Análise                      | 59  |
| 3.1. Estruturação Espacial                   | 59  |
| 3.1.1. Mapas Convexos                        | 59  |
| 3.1.2. Mapas Axiais                          | 61  |
| 3.2. Movimento de Visitantes                 | 64  |
| 3.2.1. Simulação Computacional               | 65  |
| 3.2.2. Amostragem                            | 67  |
| 3.3. Inteligibilidade                        | 70  |
| 3.3.1. Informação Visual                     | 70  |
| 3.3.2. Inteligibilidade do Pavimento         | 75  |
| 3.3.3. Inteligibilidade de Percursos         | 80  |
| 4. Conclusão                                 | 93  |
| Lista de Figuras                             | 98  |
| Fontes das Figuras                           | 101 |
| Anexos                                       | 102 |
| Referências Bibliográficas                   | 109 |

# Resumo

Esta dissertação investiga o discurso de Paulo Mendes da Rocha a respeito da arquitetura de museus em uma obra sua, a Pinacoteca do Estado de São Paulo. Os aspectos do discurso do arquiteto dizem respeito à estruturação espacial da Pinacoteca, à movimentação de seus visitantes e à inteligibilidade do ambiente. Esses aspectos foram discutidos através da análise comparativa da Pinacoteca antes e depois da reestruturação espacial proposta por Mendes da Rocha. O estudo está baseado no modelo da sintaxe espacial e no modelo ecológico da percepção visual. O método combina a análise de mapas convexos e axiais, grafos de visibilidade, agentes computacionais e isovistas. O trabalho também aborda a interferência da montagem de exposições na estruturação e inteligibilidade do museu. Os resultados demonstram que a intervenção de Paulo Mendes da Rocha tornou o espaço interno da Pinacoteca menos estruturado, ampliou a possibilidade dos visitantes escolherem seus próprios percursos e estimulou a movimentação de seus visitantes. A montagem de exposições aumentou a estruturação do espaço, demonstrando a flexibilidade do museu para receber diferentes tipos de exposição, mas interferiu no movimento dos visitantes e na inteligibilidade do museu. A reformulação da Pinacoteca também melhorou as condições de visualização e compreensão do ambiente, aumentando sua inteligibilidade. O trabalho conclui que os aspectos analisados do discurso de Paulo Mendes da Rocha são efetivamente confirmados na reformulação espacial da Pinacoteca do Estado de São Paulo.

# Abstract

*This thesis examines the discourse of Paulo Mendes da Rocha, about the architecture of museums in one of his works, the Pinacoteca Art Museum of the State of São Paulo. The architect's speech concerns aspects such as the spatial structure of the museum, visitor movement and the intelligibility of the building. These aspects were discussed through comparative analysis of the museum before and after the spatial restructuring proposed by Mendes da Rocha. The study is based on the space syntax model and the ecological approach to perception visual. The method combines the analysis of convex and axial maps, visibility graphs, computational agents and isovists. The work also addresses the interference of exhibitions in the spatial structure and intelligibility of the museum. The results demonstrate that the intervention by Paulo Mendes da Rocha reduced the spatial structuring of the building, stimulated visitor movement and improved the conditions for visitors to choose their own pathway. The exhibitions increased the structuring of space, demonstrating the flexibility of the museum to receive different types of exhibits, however interfering with visitor movement and the intelligibility of the museum. The spatial restructuring also improved the conditions for visualization and understanding the building, increasing its intelligibility. The paper concludes that the analyzed aspects of Paulo Mendes da Rocha's discourse are actually confirmed in the spatial restructuring of the museum.*

# Introdução

*"A arquitetura de museus enquanto discurso específico consiste no êxito e graça da imprevisibilidade."* (Rocha, 2007)

Nas palavras do arquiteto Paulo Mendes da Rocha, a arquitetura é uma abstração que não pode prescindir do conhecimento objetivo da técnica, "uma filosofia enquanto considerações de improbabilidade que temos que transformar em algo útil". O arquiteto afirma que os requisitos de funcionalidade de um museu são imprevisíveis, e que portanto não existem regras nem modelos ideais de museu, apenas tentativas. Cada museu deve ser uma nova invenção, fruto da reflexão sobre o que são, o que já se fez e o que já se pensou a respeito de museus. A arquitetura de museus constitui assim um saber presumido com amparo histórico, e deve estar mais voltada para a disponibilidade do que para a definição. A edificação destinada a um museu deve ser disponível e despojada, para que brilhe a obra de arte. "O museu é algo que não é, mas está lá para acolher o que é. A obra não quer perturbação, ela quer falar sozinha." (Rocha, op. cit.)

Paulo Mendes da Rocha defende a máxima disponibilidade de recursos no projeto de museus para "ampliar a conveniência desta ou daquela exposição". Desse modo a imprevisibilidade na arquitetura de museus é tanto estética quanto técnica, já que as edificações destinadas a museus devem permitir a montagem de exposições das mais variadas naturezas. As questões técnicas incluem a preservação do acervo, sua proteção na exibição e no transporte e a iluminação das obras. Essencialmente artificial, a iluminação deve ser flexível para permitir que se defina a luz mais adequada para cada obra. Para Mendes da Rocha o sistema de iluminação de museus deve prescindir da luz natural, cambiante, proveniente do "conjunto de fenômenos instáveis" representado pela natureza. A presença de aberturas em museus está relacionada a uma presumida necessidade do homem de lembrar-se de onde ele está, uma "memória do lá fora", que não resolve nada em termos de iluminação das obras.

Com relação ao usuário, Paulo Mendes da Rocha afirma que a arquitetura deve configurar o livre-arbítrio, sobretudo em atividades lúdicas como a fruição de um museu. A arquitetura que obriga é repudiável, e se justifica apenas no caso de presídios. Na visão do arquiteto, o percurso de visita em museus deve ser variável, para poder se modificar “por conveniência da graça e do êxito da museologia”. Mesmo em museus com acervo fixo não é interessante para a instituição manter um percurso fixo de visita. E ainda que a cada montagem determinados percursos sejam definidos, a graça em visitar um museu está justamente em romper o “didatismo formal” da exposição. Desse modo quem conhece arte pode atravessar o museu “na diagonal” em busca de suas obras prediletas, possibilidade fundamental no caso de grandes museus, cuja visita completa demanda várias horas. O arquiteto conclui que, excetuado o caso de visitas guiadas ou em grupo, o ideal é que cada indivíduo escolha seu próprio percurso de visita.

Em resumo, de acordo com Paulo Mendes da Rocha, a arquitetura de museus deve conciliar a flexibilidade para a montagem de exposições com a possibilidade dos visitantes escolherem seus próprios percursos, aspectos que dependem fundamentalmente da **estruturação espacial** do museu. A montagem de exposições de um museu requer flexibilidade em diferentes níveis de definição espacial para atender a cada situação, já que a estruturação espacial está diretamente relacionada ao modo com que o conteúdo exposto será percebido e compreendido pelo usuário (Pradinuk, 1986). A estruturação espacial de um museu é constituída por dois fatores: sucessão espacial e opção de percurso. A **sucessão espacial** corresponde à quantidade de espaços justapostos em sequência única, e é uma variável topológica. As **opções de percurso**, por sua vez, correspondem à quantidade de rotas alternativas a partir de cada espaço. Um museu muito estruturado possui claras separações entre um número significativo de espaços sucessivos e apresenta um percurso de visita mais definido, com poucas ou apenas uma opção de rota. Já um museu pouco estruturado apresenta pouca sucessão de espaços diferenciados em cada trajeto e percursos pouco definidos, com várias rotas alternativas de visita.

Essas características podem ser aferidas através da análise da configuração espacial, representação baseada em unidades espaciais e nas relações entre as mesmas. Esse método de análise pertence à Sintaxe Espacial, teoria proposta por Hillier e Hanson (1984) a respeito da relação entre sociedade e espaço. O método permite descrever relações configuracionais de visibilidade e permeabilidade entre unidades espaciais mínimas. Relações de permeabilidade definem a possibilidade de

um usuário se deslocar de uma unidade espacial para outra unidade contígua; relações de visibilidade possibilitam visualizar um espaço ou parte de um espaço a partir de outro. As relações estabelecidas entre apenas duas unidades espaciais contíguas podem ser consideradas relações básicas, enquanto as relações denominadas configuracionais requerem no mínimo três unidades, pois descrevem dois elementos em relação a um terceiro. Relações configuracionais envolvem as noções de simetria/assimetria e distribuição/não-distribuição. Simetria entre espaços –equivalência de relações– costuma coincidir com a presença, nesses espaços, de categorias sociais semelhantes. Assimetria –não-equivalência de relações espaciais– pode ser forte indicador de segregação de categorias sociais. Distribuição –pluralidade de relações entre pares de elementos– indica tendência à difusão do controle espacial. Não-distribuição –singularidade de relações entre pares de elementos– indica tendência ao aumento e concentração do controle espacial. Enquanto a noção de simetria/assimetria está relacionada à sucessão espacial, a noção de distribuição/não-distribuição está relacionada à opção de percurso. Assim, um museu muito estruturado tende à assimetria e à não-distribuição e um museu pouco estruturado tende à alta simetria e a grande distribuição. Um museu flexível deve permitir a estruturação de configurações espaciais predominantemente simétricas ou predominantemente assimétricas e/ou predominantemente distribuídas ou não distribuídas.

A definição do percurso de visitação depende da percepção, por parte do visitante, das alternativas de circulação, entrada e saída dos espaços do museu, constituindo o que James Gibson denomina '*affordances*', que constituem tudo aquilo que o ambiente oferece, permite ou disponibiliza para um usuário específico, tanto em seu benefício quanto em seu prejuízo (Gibson, 1986:127). O conceito de '*affordances*' faz parte de uma teoria proposta por Gibson (op. cit.) denominada 'Abordagem Ecológica da Percepção Visual', que descreve as possibilidades do ambiente através da percepção visual. Seguindo o conceito de Gibson, os fatores de estruturação do espaço em museus –sucessão espacial e opção de percurso– constituem diferentes possibilidades do ambiente a serem oferecidas para o usuário (*affordances*). Enquanto a sucessão espacial refere-se à maior ou menor quantidade de espaços visitáveis em cada trajeto, a opção de percurso envolve o número maior ou menor de rotas alternativas, de acordo com as restrições impostas pelo ambiente da exposição. Assim um museu mais estruturado tende a oferecer menos alternativas de percurso com mais espaços sucessivos em cada trajeto, e um museu menos estruturado tende a oferecer mais alternativas de percurso com menos espaços diferenciados e sucessivos em cada trajeto.

Refraseando Paulo Mendes da Rocha, a arquitetura de museus deve conciliar a flexibilidade para a montagem de exposições com a possibilidade dos visitantes escolherem seus próprios percursos, aspectos que dependem fundamentalmente da **estruturação espacial** do museu. Em resumo, a estrutura físico-espacial fixa do museu contribui para a flexibilidade na montagem de exposições e, uma vez montada a exposição, a estrutura espacial resultante determina, em maior ou menor grau, as possibilidades dos visitantes escolherem seus próprios percursos.

Presentes no discurso de Paulo Mendes da Rocha, esses dois aspectos foram analisados em obra sua –a Pinacoteca do Estado de São Paulo– caracterizada por reestruturação espacial de edificação histórica. De autoria do arquiteto Francisco de Paula Ramos de Azevedo, o prédio da Pinacoteca destinou-se originalmente ao Liceu de Artes e Ofícios, cuja construção se iniciou no final do século XIX e nunca foi concluída. Em estilo neoclássico, o projeto original foi criticado por Paulo Mendes da Rocha por ser um “projeto padrão”, “copiado de antologias de arquitetura” e com “a mesma planta do museu de Berlim” (Rocha, 1998, p. 47). Em 1905 foi criada a Pinacoteca do Estado de São Paulo e, a partir daí, o prédio foi sendo sucessivamente adaptado para abrigar a instituição. No final dos anos 90 o prédio foi reformulado por Mendes da Rocha para funcionar exclusivamente como museu.

Em três pavimentos, o projeto original do prédio apresentava rigorosa simetria bilateral, com salas organizadas em torno de dois pátios laterais e um átrio central coberto por uma cúpula monumental que não chegou a ser executada. A entrada principal localizava-se na fachada leste, através de escadarias que conduziam a um hall no pavimento intermediário. As circulações horizontais contornavam os pátios; as verticais se resumiam a quatro escadas dispostas nos extremos. A intervenção de Paulo Mendes da Rocha determinou uma completa reestruturação espacial da Pinacoteca incluindo, entre outros aspectos, o deslocamento do acesso e a reformulação do sistema interno de circulação. A entrada principal foi deslocada para a fachada lateral sul, através de uma varanda pré-existente, a escadaria original de acesso foi substituída por um belvedere e a construção de passarelas atravessando os pátios estabeleceu um novo eixo de circulação longitudinal no centro do prédio. Retiradas as esquadrias junto aos pátios, os mesmos foram cobertos por zenitais e passaram a integrar o espaço interno do prédio. No térreo do átrio central foi criado um auditório, cuja laje de

cobertura tornou o espaço central acessível no pavimento intermediário. Foram também instalados dois elevadores, um grande no pátio norte, para público e transporte de obras, e outro menor para funcionários, junto à circulação periférica do átrio.

Paulo Mendes da Rocha justifica a reestruturação espacial da Pinacoteca nas citações que seguem. A alteração da entrada se deveu ao “estrangulamento que havia entre o prédio e a Avenida Tiradentes”, cujo tráfego aumentara excessivamente. Já a construção das passarelas e a cobertura dos pátios, que antes eram “dois sombrios e úmidos poços”, transformaram a “espacialidade” do prédio criando “grande transparência”. E a criação do novo eixo de circulação longitudinal, seria “para evitar a visão labiríntica do projeto original”, cuja “circulação não fluía”. (Rocha, op. cit., 1998, p. 47) Em resumo, as justificativas de Paulo Mendes da Rocha para a reestruturação espacial da Pinacoteca, baseadas em parte na crítica ao projeto original do prédio, ressaltam aspectos relacionados a visibilidade e movimento. Enquanto no prédio original a “circulação não fluía”, a intervenção arquitetônica criou novos eixos de deslocamento, com mais possibilidades de movimento para os visitantes, permitiu uma “grande transparência” e ampliou as relações de visibilidade entre os ambientes, ao passo que a situação anterior era “labiríntica”, ou seja, complexa e com visibilidade restrita.<sup>1</sup> Assim a reestruturação espacial da Pinacoteca teve por objetivo ampliar as possibilidades de movimentação dos visitantes e ao mesmo tempo facilitar a compreensão por parte dos usuários da organização espacial do prédio.

A possibilidade de um sistema espacial complexo ser compreendido através da experiência sucessiva das suas partes é denominada ‘**inteligibilidade**’ desse sistema (Hillier 1996:338). Por outro lado, as possibilidades de ocupação, movimento e controle em um dado espaço determinam o seu potencial de uso para diferentes atividades, ou de acordo com Hillier sua ‘funcionalidade’. Essas possibilidades variam de acordo com as características dos espaços e com sua organização, às quais correspondem diferentes categorias sociais e formas de controle do espaço. Inteligibilidade e funcionalidade constituem o que Bill Hillier denomina ‘função genérica’ das edificações e aglomerações humanas. Enquanto a funcionalidade está primordialmente relacionada a comportamentos de ordem social, a inteligibilidade corresponde ao comportamento individual de compreensão dos espaços e de sua organização.

---

<sup>1</sup> Um labirinto é um sistema espacial complexo, em que o movimento dos usuários fica comprometido pela dificuldade em compreender a estruturação do espaço.

Na teoria ecológica de Gibson (op. cit.), a compreensão da estrutura espacial se inicia com a percepção visual do ambiente. Naquele modelo, a percepção visual é considerada um processo de coleta de informações em um fluxo contínuo de estímulo disponível no ambiente. A informação visual disponível para a percepção ambiental corresponde à 'arrumação óptica ambiente' (*ambient optic array*), que especifica as superfícies de diversos locais através de 'bordas oclusivas'. O movimento do observador permite a alternância entre superfícies ocultas e aparentes, de acordo com o princípio da 'oclusão reversível'. O modelo ecológico distingue as informações variáveis, relacionadas ao observador, das informações permanentes, relacionadas ao ambiente. As possibilidades para a movimentação do usuário, em particular, dependem da disposição das superfícies no ambiente. Enquanto superfícies horizontais permitem equilíbrio e postura, superfícies verticais podem ser obstáculos, que permitem colisão, ou indicar aberturas, que permitem passagem.

A disposição das superfícies em determinado local pode ser descrita através de uma '**isovista**', uma figura geométrica formada pelo conjunto de todos os pontos visíveis a partir de determinado ponto de visada (Benedikt, 1979). Assim como o modelo ecológico, o método de isovistas relaciona indivíduo e ambiente e permite descrever e quantificar atributos envolvidos na percepção visual e na movimentação do usuário. Características qualitativas básicas do espaço tais como amplitude, permeabilidade, complexidade, ordem e fechamento estão correlacionadas a atributos quantitativos simples de isovistas (Franz e Wiener, 2005, Stamps, 2005). O método das isovistas vem sendo utilizado, na análise de museus, para modelar o potencial de visualização e a acessibilidade dos objetos expostos (Peponis et al, 2004), bem como os padrões de escolha de percursos e a interação com os objetos expostos por parte dos visitantes (Kaynar, 2005,). Isovistas permitem não apenas modelar as propriedades geométricas locais, relacionadas à representação mental do ambiente (Meilinger et al, 2007), mas também aspectos de percepção e cognição espacial relacionados à interação entre geometria e movimento (Batty, 2001).

A partir da percepção das características locais dos espaços, o movimento do observador permite a compreensão da estrutura global do ambiente. Peponis et al. (1990) propõe um modelo que relaciona as propriedades inteligíveis de sistemas espaciais a regras de navegação para analisar os padrões de navegação e orientação humanos. De acordo com Dalton (2001), os indivíduos tendem a desenvolver um percurso o mais linear possível, a fim de torná-lo menos complexo e desse modo mais compreensível. Esses são aspectos fundamentais do processo

de cognição espacial, que culmina na compreensão da configuração espacial pelo indivíduo (Hart & Moore, 1973, in Peponis et. al, 1990). Os padrões de exploração de sistemas espaciais são determinados pela configuração, pois a escolha de percursos requer uma compreensão mais abstrata de como as partes locais se relacionam de modo global (Peponis et al., op. cit., 1990). Essa relação é expressa pela inteligibilidade, propriedade da qual também depende a possibilidade de um ambiente de ser reconhecido visualmente (Dalton e Bafna, 2003). A inteligibilidade de um sistema espacial influencia tanto o movimento exploratório quanto a compreensão de sua configuração (Brösamle e Hölscher, 2007, Yun e Kim, 2007), sendo a correlação entre movimento e configuração espacial maior em sistemas mais inteligíveis (Penn, 2001). Desse modo a inteligibilidade constitui não apenas uma característica física do ambiente, mas também um importante aspecto da cognição espacial (Kim, 2001).

Hillier e Hanson (op. cit.) apresentam dois métodos para a análise de sistemas espaciais complexos: o 'modelo alpha', para espaços abertos contínuos, e o 'modelo gamma', para o espaço interno das edificações. O 'modelo alpha' utiliza dois tipos de unidades mínimas: **espaços convexos** e **eixos**. Espaços convexos são unidades espaciais representadas por polígonos convexos, que correspondem à maior extensão local em duas dimensões. Com relação ao usuário, espaços convexos permitem a um observador, que se encontre em qualquer um de seus pontos, a visualização completa do espaço. Eixos são unidades espaciais lineares que atravessam e interligam os espaços convexos e correspondem à maior extensão global em uma dimensão. Com relação ao usuário, eixos correspondem a direções de visada, que podem ser escolhidas pelo observador como direções de deslocamento. No 'modelo gamma' as unidades espaciais mínimas correspondem às unidades definidas pelos próprios limites espaciais, sejam os espaços convexos ou não. Em ambos os métodos, a configuração espacial pode ser representada por grafos justificados, em que as unidades espaciais correspondem a nós, e as relações de permeabilidade ou visibilidade entre as mesmas representam conexões. A partir de um 'espaço-raiz', os grafos são estruturados em níveis sobrepostos, correspondentes a passos sintáticos que estabelecem a profundidade do sistema. Assim, grafos justificados em forma de árvore correspondem a sistemas mais profundos, em que a maioria dos nós está afastada da raiz. Configurações do tipo árvore apresentam tendência à assimetria e não-distribuição, sendo, portanto, sistemas mais estruturados. Já os grafos em forma de rede correspondem a sistemas mais rasos, em que a maior parte dos nós está próxima à raiz. Esses, por sua vez, tendem à simetria e distribuição, correspondendo a sistemas menos estruturados.

A definição das unidades espaciais nos métodos 'alpha' e 'gamma' não é absoluta, o que dá margem a diferentes descrições de um mesmo sistema. Em função disso foram desenvolvidos métodos que permitem a geração automática de descrições. O '*all-line map*' é um método de geração automática de mapas axiais a partir do desenho de eixos ligando todos os vértices mutuamente visíveis de um determinado complexo espacial (Hillier, op. cit.). Outro método é a análise do grafo de visibilidade (*visibility graph analysis* – **VGA**), que se baseia na construção de um grafo de todas as posições mutuamente visíveis de uma malha regular de pontos próxima da escala humana (Turner et al, 2001). Além de permitir uma descrição mais refinada, ponto a ponto, as propriedades do grafo de visibilidade (VGA) eventualmente podem estar mais bem correlacionadas ao movimento humano do que os descritores sintáticos baseados no mapa axial (Desyllas e Duxbury, 2001). A integração visual (VGA) é um aspecto da morfologia espacial ao qual estão relacionados os padrões de uso do espaço interno de prédios públicos para a exibição de espetáculos (Doxa, 2001). Grafos de visibilidade são também utilizados em outro modelo para a análise do movimento humano denominado '*exosomatic visual architecture*' (Turner e Penn, 2002). Baseado na teoria ecológica de Gibson, o modelo utiliza o conceito de '*affordances*' para estabelecer uma relação entre ambientes virtuais e **agentes computacionais**. Como não enxergam literalmente, os agentes são previamente informados das possibilidades de movimentação no ambiente através de um grafo de visibilidade (VGA). O movimento dos agentes é aleatório, seguindo decisões individuais baseadas nas '*affordances*' espaciais presentes na morfologia do campo visual local de cada agente, o que permite simular os efeitos da configuração espacial sobre o movimento de pessoas (Penn e Turner, 2002). Apesar de aleatório, o movimento dos agentes é direcional e está correlacionado com as propriedades sintáticas de mapas axiais e com o movimento humano observado em estudos de sintaxe espacial. Assim, tanto a integração axial quanto o uso de agentes permitem modelar com sucesso o movimento humano no espaço, pois ambos os métodos relacionam a dinâmica visual do movimento direcional com as propriedades configuracionais do ambiente (Turner, 2003).

Em resumo, o movimento humano no espaço vem sendo largamente investigado no âmbito da Sintaxe Espacial, podendo ser modelado e analisado através de mapas axiais, mapas convexos, grafos de visibilidade (VGA) e agentes computacionais. No estudo de museus, em particular, as propriedades sintáticas da configuração espacial estão relacionadas ao movimento dos visitantes, com ênfase na inteligibilidade e no movimento exploratório, visando à compreensão e reconhecimento da estruturação do espaço. Já o potencial de visualização do conteúdo exposto, sua acessibilidade, bem como os padrões de escolha de

percursos por parte dos visitantes e sua interação com os objetos expostos vêm sendo modelados através de isovistas e grafos de visibilidade (VGA).

O objetivo desta dissertação é verificar se a reestruturação espacial da Pinacoteca do Estado de São Paulo efetivamente ampliou a **inteligibilidade** do ambiente e a **flexibilidade** para a montagem de exposições, conforme argumenta Paulo Mendes da Rocha. O estudo se baseia nos modelos sintático e ecológico para investigar a estruturação espacial da Pinacoteca quanto às alterações na sucessão espacial e nas opções de percursos e quanto aos padrões de movimento de seus visitantes. Esses atributos serão investigados através da análise comparativa da Pinacoteca antes e depois da reestruturação espacial proposta por Mendes da Rocha. Será também contemplada a interferência da montagem de exposições na estruturação e inteligibilidade do museu, analisando-se uma amostra do prédio em uso, com exposições instaladas. O método de análise inclui a modelagem convexa e axial das relações de permeabilidade entre os espaços, a modelagem das relações de visibilidade com grafos de visibilidade (VGA) e isovistas, e a modelagem do movimento dos visitantes utilizando-se agentes computacionais e amostragem feita no local. A dissertação está organizada em quatro partes. O primeiro capítulo corresponde à fundamentação teórica, o segundo aos materiais e métodos de análise, o terceiro aos resultados e o quarto às conclusões do trabalho.

# 1. Revisão da Literatura

A teoria ecológica da percepção visual de Gibson (op. cit.) e a teoria da sintaxe espacial, proposta por Hillier e Hanson (op. cit.), serão descritas neste capítulo em maior detalhe, com destaque para aspectos referentes ao processo de cognição espacial. Serão também apresentados os modelos ecológico e sintático referidos aos espaços de exposições e museus.

## 1.1. Abordagem ecológica da percepção visual

A 'abordagem ecológica da percepção visual', proposta por Gibson (op. cit.), descreve a percepção visual como um processo de coleta de informações em um fluxo contínuo de estímulo disponível no ambiente. O modelo ressalta a distinção entre informações variáveis, relacionadas ao observador, e informações permanentes, relacionadas ao ambiente. A percepção visual ecológica descreve comportamentos individuais, estabelecendo uma relação de reciprocidade entre indivíduo e ambiente.

No modelo ecológico o espaço é descrito como o meio em que vivemos, nos movimentamos, vemos, ouvimos, etc. Para os seres humanos esse meio corresponde à atmosfera, que permite a reverberação da luz, a propagação de sons e odores e também a locomoção. As demais substâncias –sólidas, líquidas e viscosas– permitem outras possibilidades para o comportamento humano, como resistência à locomoção, alimentação, manipulação, manufatura, etc. As superfícies que separam essas substâncias do meio permitem as trocas entre ambos, além da dispersão, reflexão e absorção da luz, fenômenos que, por sua vez, criam a 'iluminação ambiente'. Enquanto a radiação corresponde à luz divergente emitida por uma fonte luminosa, a iluminação corresponde à luz convergente em qualquer ponto do ambiente. A radiação contém informação apenas a respeito da fonte luminosa. Já a iluminação tem estrutura estável e uma direção predominante,

contendo informação visual a respeito das superfícies que a refletem, tais como disposição, textura, forma, refletância e cor.

A informação visual disponível para a percepção do ambiente corresponde à 'arrumação óptica ambiente' (*ambient optic array*), uma estrutura que envolve completamente um determinado ponto de observação, formada por um arranjo de ângulos visuais intrincados (sólidos piramidais ou cônicos) que correspondem às superfícies do ambiente. A informação visual que especifica as superfícies está na 'borda oclusiva', limite que separa superfícies visíveis e ocultas e também as faces anteriores e posteriores de objetos. As superfícies especificadas em uma dada arrumação óptica definem uma porção de espaço, um local. A cada local corresponde uma série de vistas constituídas por superfícies oclusivas, pertencentes àquele local, e superfícies parcialmente visíveis e ocultas, pertencentes a outros locais. Obtida através do movimento dos olhos e da cabeça do observador, a arrumação óptica de um local constitui a 'visão ambiente', que é de natureza sincrônica.

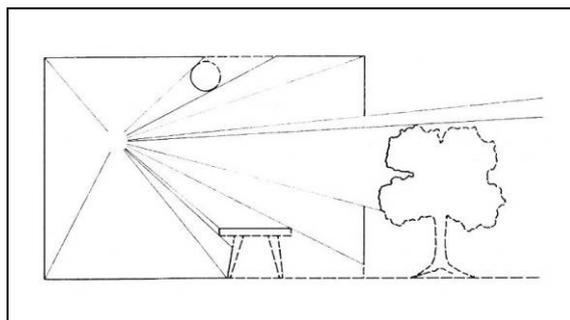
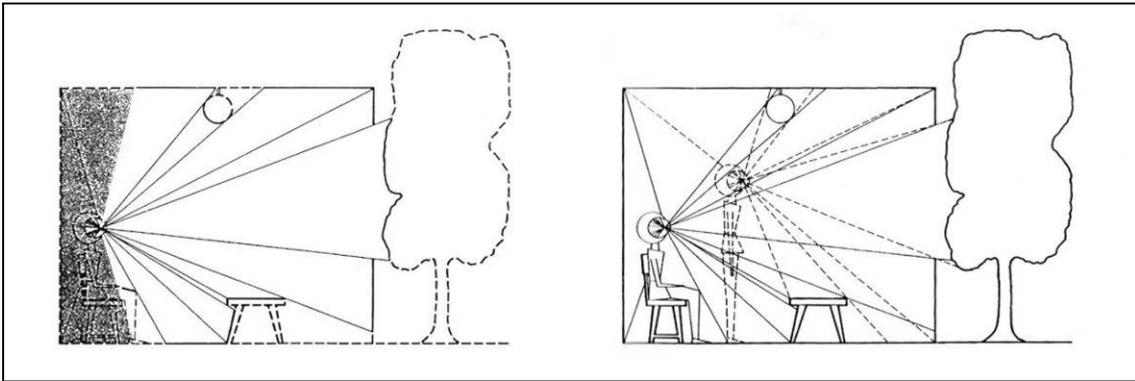


Figura 1 - arrumação óptica ambiente convergindo para um determinado ponto

Por outro lado o fluxo de informação resultante do movimento do observador corresponde à 'visão ambulatória', de natureza diacrônica. O movimento do observador permite a alternância entre superfícies ocultas e aparentes, de acordo com o princípio da 'occlusão reversível': as superfícies ocultas por um movimento são reveladas pelo movimento reverso. A abertura de vistas em relação a bordas oclusivas permite ao observador, em movimento, a visualização das conexões entre superfícies visíveis e ocultas e entre diferentes locais, permitindo ainda a emergência da estrutura invariante do ambiente. Através da locomoção exploratória (*way-finding*), a abertura e o ordenamento de sucessivas vistas no espaço permitem tanto a cognição espacial (*place-learning*) quanto a orientação espacial, que é a relação entre a posição momentânea do observador e as outras posições possíveis no ambiente.



**Figura 2 -** arrumação óptica ambiente com o ponto de observação ocupado por um observador, alterações na arrumação óptica ambiente devido movimento do observador

A percepção visual subsidia diversas formas de comportamento humano, através da percepção simultânea do ambiente, denominada exterocepção, e do próprio observador, denominada propriocepção. No caso da locomoção, a estrutura variável e em perspectiva do fluxo óptico ambiente especifica o movimento do observador, enquanto a estrutura permanente especifica o espaço percorrido. Enquanto a estrutura variável do fluxo de informação está relacionada à noção de tempo presente, passado e futuro, a arrumação óptica em um determinado ponto de observação especifica apenas a posição momentânea do próprio observador no ambiente. Já o fluxo de informação óptica ao longo de um determinado percurso especifica o ambiente e todas as posições que o mesmo oferece, através da apreensão de sua estrutura permanente, não perspectivada, atemporal e contínua.

Em termos de percepção visual, a propriocepção está relacionada aos limites do campo visual, amostra parcial da arrumação óptica ambiente resultante da combinação do campo de visão dos dois olhos. O campo visual humano tem limites precisos tanto superiores –o nariz e as sobrancelhas– quanto inferiores –o tronco e os membros. Esses limites constituem bordas oclusivas reversíveis pelo giro da cabeça. A propriocepção envolve ainda a cinestesia, que é a percepção do movimento próprio, primordialmente visual. Enquanto o fluxo de informação especifica movimento, a interrupção no mesmo indica repouso. Quando o observador está em movimento, a perspectiva fluente divide a arrumação óptica ambiente em dois hemisférios, de acordo com o fluxo da informação. Enquanto a fluxo centrífugo e a magnificação de estrutura especificam aproximação, o fluxo centrípeto e a minimização de estrutura especificam afastamento. O foco de efluência, de onde parte o fluxo de informação, especifica o destino do observador, enquanto o foco de afluência, para onde vai o fluxo de informação, especifica a origem do observador. A linha de deslocamento do observador corresponde ao eixo ligando ambos os focos, e o deslocamento desse eixo especifica a mudança de direção do movimento.

As possibilidades de movimentação do usuário (*affordances*) dependem da disposição das superfícies no ambiente, em especial das superfícies horizontais, que permitem equilíbrio e postura. As superfícies verticais, por sua vez, podem ser obstáculos, que permitem a colisão, o fechamento de vistas na aproximação ou a abertura de vistas no afastamento, ou ainda indicar aberturas, que permitem a passagem, a abertura de vistas na aproximação ou o fechamento de vistas no afastamento. Obstáculos e aberturas são especificados por bordas oclusivas, que se alteram de acordo com o movimento do observador, de modo reversível: na aproximação a obstáculos ocorre perda de estrutura fora de uma borda contínua; no afastamento de obstáculos ocorre ganho de estrutura fora de uma borda contínua; na aproximação de uma abertura ocorre ganho de estrutura dentro de uma borda contínua; no afastamento de uma abertura ocorre perda de estrutura dentro de uma borda contínua.

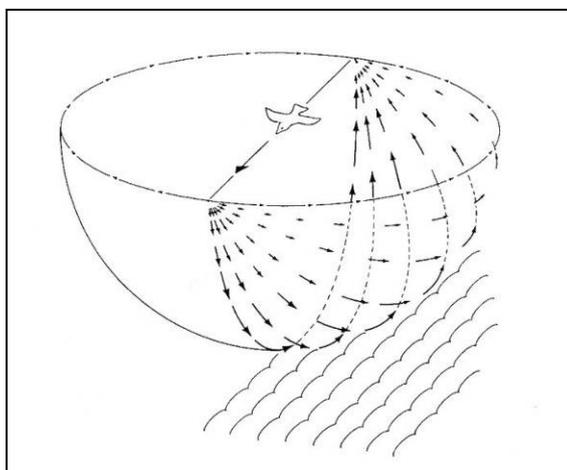


Figura 3 - fluxo de informação visual durante a locomoção, em movimento paralelo ao solo

A exterocepção, por sua vez, consiste na percepção da estrutura permanente do ambiente através da extração de invariantes ópticos no fluxo de informação visual. A persistência das superfícies, de sua disposição relativa e de suas refletâncias relativas constitui um invariante em relação a diferentes condições de iluminação (quantidade de luz, direção e composição espectral). Também constitui invariantes ópticos a estrutura comum subjacente a variações de diversas naturezas tais como: - diferentes posições de observação, com transformações nas formas intrincadas da arrumação com incremento e decrescimento de estrutura em bordas oclusivas; - variações devidas a múltiplas amostragens; - distúrbios locais na estrutura da arrumação óptica, devidos a eventos locais, deslocamento ou rotação de objetos desconectados ou ainda deformação de superfícies elásticas.

## 1.2. Isovistas

A disposição das superfícies em determinada 'arrumação óptica ambiente' pode ser descrita através de uma 'isovista', o conjunto de todos os pontos visíveis a partir de determinado ponto de visada. Assim como o modelo ecológico, o método de isovistas, proposto por Benedikt (op. cit.), está baseado na relação entre usuário e ambiente, permitindo descrever e quantificar atributos envolvidos na percepção visual do ambiente. Uma isovista é a figura bidimensional resultante da intersecção da forma tridimensional constituída por todos os pontos visíveis e um plano horizontal na altura dos olhos do observador. O tamanho e forma de uma isovista, que se alteram com a mudança do ponto de observação, podem ser descritos por determinados atributos expressos em medidas numéricas:

- **área:** corresponde à quantidade de espaço visível a partir do ponto de vista;
- **perímetro:** corresponde à quantidade de superfícies visíveis do ambiente;
- **oclusividade:** descreve a profundidade entre as superfícies visíveis e oclusas no ponto de observação;
- **variação:** mede a dispersão do perímetro em relação ao ponto de vista;
- **dissimetria:** indica a simetria da dispersão do perímetro;
- **circularidade:** descreve o quanto uma isovista é compacta ou complexa.

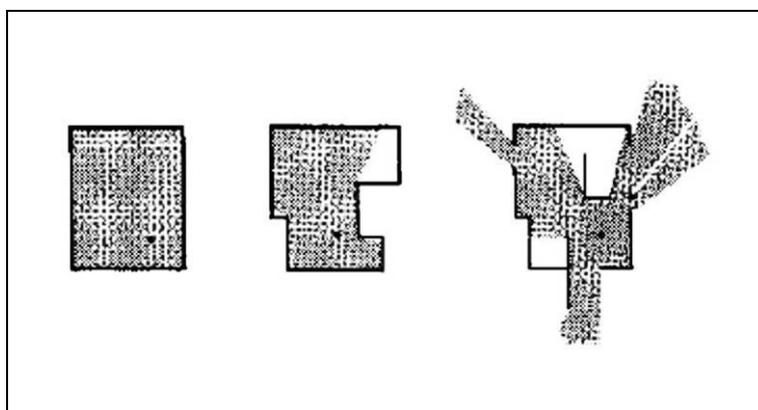


Figura 4 - isovistas com oclusividade crescente da esquerda para a direita

Traçando-se uma série de isovistas uniformemente distribuídas sobre uma malha de pontos podem-se desenhar mapas de "campos de isovistas" (*isovist fields*). Nesses mapas as propriedades das isovistas são representadas como uma topografia de valores escalares, permitindo mapear a informação visual permanente disponível no ambiente. Benedikt demonstra a utilização do método para comparar espaços arquitetônicos compartimentados com outros mais abertos e fluidos.

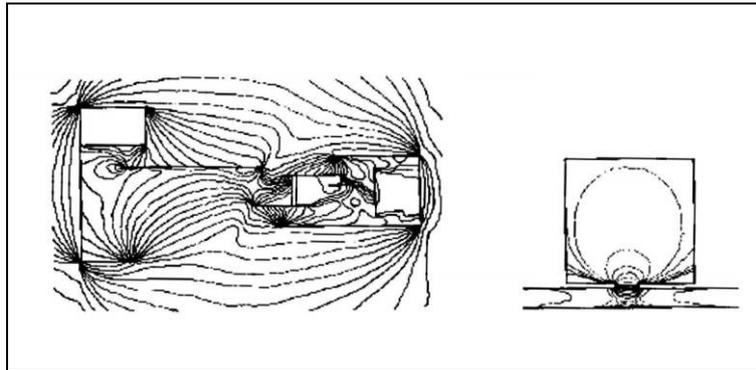


Figura 5 - mapas escalares demonstrando a variação da área de isovistas : pavilhão de Barcelona de Mies Van Der Rohe, uma sala e sua circulação

Batty (op. cit.) propõe a utilização de uma malha regular de pontos para programar computacionalmente o cálculo de isovistas e campos de isovistas. Além de constituir os possíveis pontos de visada, a malha serve para simplificar as isovistas através de sua "pixelização" sobre a malha. Assim, atributos como área, agrupamento (medida de convexidade), distâncias mínima, média e máxima, compacidade e relação área perímetro podem ser calculados em relação aos pontos da malha, o que faz com que a precisão das medidas dependa do tamanho do módulo escolhido. Batty utiliza mapas e gráficos para analisar as propriedades geométricas e estatísticas das isovistas no interior de um museu e em duas amostras de parcelas urbanas, encontrando uma correlação entre variação da área, distância média e perímetro das isovistas. O estudo sugere ainda um método para a definição de um conjunto mínimo de isovistas que permita visualizar um complexo espacial por inteiro e também a analisar a variação das isovistas ao longo de um percurso. Como conclusão, Batty afirma que as isovistas permitem ampliar a descrição da morfologia espacial para aspectos de percepção e cognição espacial ligados à interação entre geometria e movimento.

Franz e Wiener (op. cit.) utilizam o modelo das isovistas para analisar a influência da morfologia e da configuração espacial no comportamento humano e na experiência do espaço. Partindo de experiências empíricas envolvendo a descrição do espaço e a navegação em ambientes virtuais, o estudo correlaciona características qualitativas básicas do espaço tais como amplitude, permeabilidade, complexidade e ordem a atributos quantitativos simples de isovistas e grafos de visibilidade (VGA). Stamps (op. cit.) utiliza isovistas para comparar diferentes ambientes quanto ao seu fechamento. O autor conclui que essa propriedade do espaço, associada à sensação de segurança e controle do indivíduo, está também relacionada a determinados atributos de isovistas.

Peponis et al (op. cit., 2004) utilizam isovistas e grafos de visibilidade (VGA) em um modelo para análise do efeito da montagem de exposições no comportamento e definição de percursos em ambientes com planta livre, ou seja, exposições cujo conteúdo está organizado em unidades conceituais que podem ser visualizadas simultaneamente. O estudo está baseado na observação empírica do comportamento dos visitantes na movimentação, aproximação aos objetos expostos e contato efetivo com os mesmos, quando da interrupção do movimento. O conteúdo exposto é descrito quanto ao potencial de visualização de cada objeto, expresso pela área de sua isovista, quanto à sua relativa acessibilidade no espaço expositivo, descrita pela integração visual (VGA) e quanto ao seu potencial de visualização simultânea, modelado com o uso de um grafo de visibilidade cruzada. O estudo correlaciona a descrição espacial às diferentes formas de comportamento observadas, permitindo analisar não apenas o modo como o movimento é influenciado pela disposição de obstáculos e limites espaciais, mas também o modo como o movimento propicia aspectos adicionais de informação visual, em especial aqueles ligados ao arranjo conceitual da exposição.

Kaynar (op. cit.) também analisa o comportamento dos visitantes de museus com planta livre, afirmando que a visibilidade influencia criticamente os padrões de escolha de percursos e interação com os objetos expostos. Os padrões de movimento e interação dos visitantes de um museu são comparados com sua descrição através de isovistas, demonstrando que o número de visitantes em cada sala é diretamente proporcional ao tamanho da sala e ao número de objetos expostos, mas o tempo de interação com os objetos expostos está relacionado a isovistas mais irregulares, que indicam uma maior complexidade da informação visual disponível. Com relação à escolha de percursos, o estudo conclui que a abundância de informação visual, indicada por isovistas de maior área e com baixa oclusividade, gera padrões de movimento menos distribuídos, enquanto isovistas com maior oclusividade implicam em mudanças de direção, motivando um movimento de exploração mais distribuído.

Meilinger et al (op. cit.) analisam a relação entre a representação mental de caminhos, as características geométricas das interseções desses, e o comportamento humano observado em tarefas de navegação espacial em ambientes virtuais. O estudo descreve as interseções entre os caminhos de um ambiente virtual com o uso de isovistas parciais, correspondentes ao campo de visão humano, que permitem identificar diferentes pontos de vista para um mesmo local. Assim, as interseções são divididas em dois grupos: as interseções em forma de "T", e todas as demais. O desempenho observado é inferior na chegada a

interseções em forma de T, tanto na tarefa de navegação, quanto em tarefas de reconhecimento de locais e caminhos. Já a passagem em linha reta por esse tipo de interseção não prejudica o desempenho, o que foi atribuído a uma estratégia padrão de seguir em frente, sendo necessário memorizar apenas as mudanças de direção no percurso. Mesmo em locais com propriedades geométricas e topológicas idênticas, o comportamento observado é diferente para diferentes posições dos usuários. Assim, Meilinger et al. concluem que existe uma correspondência entre a representação mental do ambiente e suas propriedades geométricas, e que as isovistas constituem uma poderosa ferramenta na identificação de características espaciais relevantes ao comportamento humano.

Em resumo, a 'abordagem ecológica da percepção' é uma teoria que relaciona indivíduo e ambiente através de uma série de possibilidades ou *affordances*, cuja identificação é o objetivo maior do processo de percepção visual. As possibilidades para a movimentação do usuário dependem da disposição das superfícies no ambiente, que pode ser descrita através de 'isovistas'. Características qualitativas básicas do espaço como amplitude, permeabilidade, complexidade, ordem e fechamento estão correlacionadas a atributos quantitativos simples de isovistas e grafos de visibilidade (VGA). Na análise de museus esses dois métodos vêm sendo utilizados para modelar o potencial de visualização e a acessibilidade dos objetos expostos, bem como os padrões de escolha de percursos e a interação com os objetos expostos por parte dos visitantes. Isovistas permitem modelar não apenas as propriedades geométricas locais, relacionadas à representação mental do ambiente, mas também aspectos de percepção e cognição espacial, relacionados à interação entre geometria e movimento. De acordo com Gibson, a partir da percepção da disposição das superfícies no ambiente, o observador identifica as conexões entre diferentes locais. Através da locomoção, a abertura e o ordenamento de vistas sucessivas permitem a compreensão da estrutura do ambiente e a orientação do observador no espaço.

### **1.3. Sintaxe espacial**

Sintaxe espacial, teoria proposta por Hillier e Hanson (op. cit.) sobre a relação entre sociedade e espaço, está baseada em modelo que associa padrões espaciais a padrões sociais. Na sintaxe espacial a sociedade, formada por uma coleção de indivíduos autônomos e móveis, é um sistema discreto, não-contínuo, que pode ser reconhecido através de suas manifestações no espaço-tempo, com ênfase para a relação entre morfologia local e padrão global. Quando o sistema opera no modo

generativo, a evolução da sociedade se dá através de muitos encontros e poucas regras de comportamento, o que permite o surgimento de novas relações. Esse modelo corresponde a um espaço denso e integrado, e representa um sistema probabilístico de produção social. Por outro lado quando o sistema opera no modo conservativo, a manutenção da sociedade se dá pela realização de eventos caracterizados por muitas regras estabelecidas. Esse modelo corresponde a um espaço disperso e segregado, e representa um sistema determinístico de reprodução social. A sintaxe espacial é assim um modelo que se refere a comportamentos sociais, descritos através da relação entre sociedade e espaço.

A sintaxe espacial utiliza um léxico reduzido de estruturas elementares, que são objetos e relações irreduzíveis, associado a determinados princípios sintáticos que combinam as estruturas elementares em sistemas coerentes de maior complexidade. As relações básicas na sintaxe espacial são de visibilidade e permeabilidade entre unidades espaciais mínimas, que podem ser eixos ou espaços, convexos ou não. Relações de permeabilidade representam a possibilidade de um usuário se deslocar de uma unidade espacial para a outra; relações de visibilidade representam a possibilidade de se visualizar um espaço ou parte de um espaço a partir de outro. Enquanto relações básicas podem ser estabelecidas entre apenas duas unidades espaciais, relações configuracionais requerem no mínimo três unidades espaciais, pois descrevem dois elementos em relação a um terceiro, envolvendo as noções de simetria/assimetria e distribuição/não-distribuição.

O conceito de simetria envolve relações equivalentes entre três ou mais elementos; o de assimetria envolve relações não-equivalentes entre dois elementos em face de um terceiro. Ambos os conceitos estão relacionados às noções de passo sintático e profundidade. O movimento através de sucessivas unidades discretas de uma configuração espacial pode ser expresso em passos sintáticos, que constituem uma variável topológica. O menor percurso entre dois espaços, medido em passos sintáticos, representa a profundidade entre ambos. A assimetria ou profundidade de complexos espaciais está relacionada à definição de categorias espaciais, que por sua vez podem estar relacionadas a diferentes comportamentos e categorias sociais.

O conceito de distribuição envolve a pluralidade de relações entre pares de elementos, enquanto o de não-distribuição envolve a singularidade dessas. A noção de distribuição está relacionada à existência de diferentes percursos em forma de anel ligando pares de espaços. Assim, o sistema distribuído de uma configuração espacial apresenta poucas possibilidades de controle espacial, facilitando o acesso

de estranhos ao local. Já o sistema não-distribuído permite maiores possibilidades de controle espacial, permitindo aos habitantes do complexo a supervisão da passagem de estranhos.

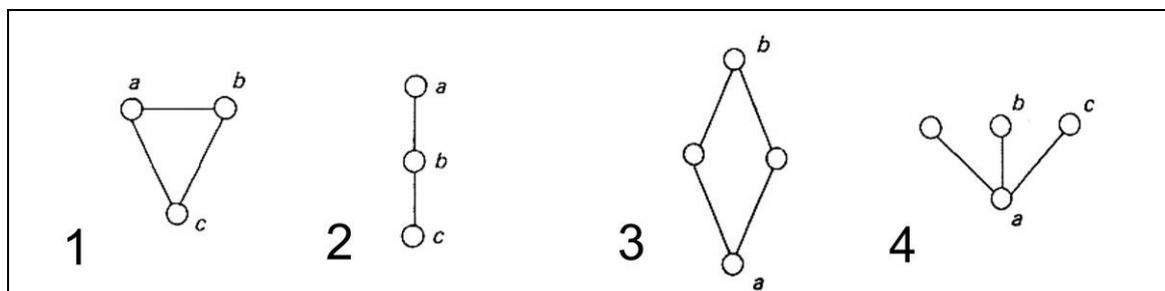


Figura 6 - relação de simetria entre **a**, **b** e **c** (1), assimetria entre **a** e **c** (2), distribuição entre **a** e **b** (3) e não-distribuição entre **b** e **c** (4)

Hillier e Hanson (op. cit.) apresentam dois métodos para análise da relação entre sociedade e espaço: o 'modelo alpha', para espaços abertos contínuos, e o 'modelo gamma', para a estrutura interna das edificações. O modelo alpha descreve assentamentos urbanos associando as categorias sociológicas de habitantes e estranhos às sucessivas interfaces estabelecidas por uma seqüência bipolar que vai do local ao global. O domínio dos estranhos, que corresponde ao nível mais global, é o espaço contínuo e indefinido externo ao assentamento. Já o domínio dos habitantes, que corresponde ao nível mais local do sistema, é o espaço interno criado por algum limite artificial.

O 'modelo alpha' baseia-se na divisão do espaço aberto de assentamentos urbanos em dois tipos de unidades espaciais: espaços convexos e eixos. O método consiste em dividir o espaço aberto em espaços convexos, unidades espaciais em que todos os pontos internos enxergam-se mutuamente, sendo que esses espaços devem ser os maiores e em menor número possível. A seguir são traçados eixos que cobrem todo o sistema, atravessando todos os espaços convexos, e que estabelecem todas as ligações entre os mesmos, sendo que os eixos devem ser os mais longos e em menor número possível. Espaços convexos correspondem à maior extensão local em duas dimensões, e estão relacionados ao movimento probabilístico interno ao sistema. Eixos por sua vez correspondem à máxima extensão global e à organização com respeito ao grande entorno, estando relacionados ao movimento externo de acesso e através do sistema. A partir da representação em eixos e espaços convexos podem ser analisadas diversas propriedades do sistema:

- **simetria:** indica tendência à integração de categorias sociais;
- **assimetria:** indica tendência à segregação de categorias sociais;
- **distribuição:** aponta tendência à difusão do controle espacial;

- **não-distribuição:** indica tendência ao aumento e concentração do controle espacial;
- **sincronia:** descreve a quantidade de espaço investido, ou a ênfase dada a cada unidade espacial dentro do sistema;
- **constituição:** descreve as relações de permeabilidade entre as unidades espaciais e o interior das edificações.

Já o 'modelo gamma' foi proposto para analisar a estrutura interna das edificações, pela associação das categorias sociológicas de habitantes e visitantes às categorias e formas de controle criadas pelos limites espaciais. Assim, o espaço interno das edificações organiza a experiência espacial e a interface entre habitantes e visitantes, representando no espaço as idiossincrasias de determinada cultura. Nessa situação o habitante é um indivíduo com direito ao acesso e controle da categoria espacial criada por limites espaciais, e cuja existência social está relacionada ao conhecimento social incorporado ao espaço que habita. O visitante por sua vez é o indivíduo, pertencente ao grupo de estranhos a uma determinada edificação, que temporariamente recebe direito de acesso a ela, mas não detém o controle sobre aquele espaço.

O 'modelo gamma' consiste em analisar as propriedades sintáticas de uma configuração espacial levando em conta os rótulos associados a cada unidade espacial. As unidades espaciais por sua vez correspondem às divisões criadas pelos próprios limites espaciais, sejam os espaços convexos ou não. No espaço interno das edificações a interface entre habitantes e visitantes é muito mais precisa do que no espaço urbano. Assim, a estrutura distribuída estabelece a relação entre visitantes e habitantes, enquanto a estrutura não-distribuída relaciona os habitantes entre si.

Tanto no modelo 'alpha' quanto no 'gamma', a representação de uma configuração espacial em um grafo justificado permite perceber algumas de suas propriedades, bem como calcular suas medidas sintáticas. Nessa forma de representação, as unidades espaciais correspondem a nós, e as relações de permeabilidade ou visibilidade representam conexões entre os nós. Os grafos são estruturados em níveis sobrepostos, correspondendo a sucessivos passos sintáticos (profundidade) a partir de um 'espaço-raiz'. Assim, grafos justificados em forma de árvore correspondem a sistemas mais profundos, em que a maioria dos nós estão afastados da raiz. Já grafos em forma de arbusto correspondem a sistemas mais rasos, em que a maior parte dos nós está próxima à raiz. As medidas sintáticas, por sua vez, descrevem propriedades locais e globais, estáticas e dinâmicas de

complexos espaciais. Essas propriedades, que podem ser representadas em mapas através de uma escala de cores, incluem atributos tais como:

- **conectividade:** medida local estática, representa a quantidade de conexões diretas de um espaço com seus vizinhos;
- **integração:** medida global estática, representa a profundidade média de um espaço a todos os outros espaços de um sistema, ou seja, a sua relativa assimetria; os espaços mais simétricos ou rasos de uma configuração espacial são mais integrados; os espaços mais assimétricos ou profundos são mais segregados;
- **controle:** medida local dinâmica, representa o quanto um espaço controla o acesso aos seus vizinhos imediatos, em função do número de conexões que esses têm;
- **escolha global:** medida global dinâmica, representa o fluxo de movimento através de um espaço, ou seja, o grau de utilização de um espaço no menor percurso entre todos os pares de espaços de um sistema.

As principais conclusões de Hillier (op. cit.) a respeito da relação entre sociedade e espaço de são os conceitos de movimento natural e comunidade virtual. Movimento natural é o principal correlativo da configuração espacial, sobretudo em sistemas urbanos. O principal determinante do movimento urbano, tanto veicular quanto peatonal é a configuração espacial. Considerando todas as possibilidades de origem e destino e todos os espaços podendo ser igualmente percorridos, o potencial de movimento de determinada unidade espacial está correlacionado com sua medida sintática de integração, global ou local. Já o potencial de encontro entre pessoas é um subproduto do movimento em um sistema urbano. A comunidade virtual é assim um sistema natural de co-presença e consciência recíproca criado pela configuração espacial e realizado pelo movimento das pessoas. A comunidade virtual é, portanto, um produto do espaço, com determinada densidade e estrutura, que estabelece interfaces probabilísticas entre diferentes categorias de usuários, precedendo e por vezes prescindindo a interação real entre as pessoas.

Hillier et al (1996) demonstram a utilização de técnicas de sintaxe espacial na análise de museus em um estudo feito para a Galeria Tate, em Londres. Correlacionando as medidas sintáticas do museu com padrões de movimento e uso nela observados, concluem que a configuração espacial é o principal determinante do movimento dos visitantes, mais do que a sinalização, as orientações dos guias ou a atração de obras específicas. O complexo espacial, facilmente compreendido a partir dos espaços de acesso, se caracteriza pelo equilíbrio entre eixos curtos e

longos, esses últimos formando um núcleo de integração bastante inteligível, que interliga os demais circuitos de salas de exposição. Assim, a própria disposição dos espaços guia os visitantes, resultando numa "cultura espacial" informal e agradável. A análise de uma dada proposta de remodelação do museu, por sua vez, revela que a alteração da configuração espacial existente resultaria na substituição desse modo informal por uma cultura de sinalização que, por ser mais controlada e guiada, terminaria por tornar a Tate um museu menos atraente para o público.

Huang (2001) utiliza o modelo sintático para relacionar os conceitos sociais que orientam a organização de museus à sua descrição espacial. A partir da revisão da literatura a respeito de museus enquanto entidades sociais, o estudo extrai as principais idéias que determinam a forma espacial dos museus em diferentes épocas e locais, procurando associar a espacialização dessas idéias à descrição sintática dos exemplares analisados. Os conceitos revisados são reunidos em duas dimensões principais do museu moderno: o percurso e a congregação de visitantes. O percurso, que garante a classificação e leitura do conteúdo dos museus, está relacionado à 'força da seqüência', calculada como a proporção de espaços com duas conexões do sistema. Já a congregação de visitantes, que visa ao exercício e formação de relações sociais, está relacionada à profundidade do núcleo de integração a partir do acesso dos museus. O estudo conclui que a necessidade de congregar as pessoas em oposição à necessidade de organizar o movimento das mesmas constitui um conflito na estrutura comum dos museus modernos, sugerindo a análise sintática como ferramenta para repensar essa situação em novas tipologias de museus.

Choi (1999), por sua vez, analisa a relação entre a configuração espacial e os padrões de uso de oito museus de arte, enquadrando-os em dois modelos: determinístico e probabilístico. O modelo determinístico se caracteriza por definir a seqüência de visitação e limitar os encontros entre usuários. Já o modelo probabilístico regula a exploração espacial e os padrões de encontro de acordo com determinadas propriedades sintáticas. Choi analisa uma amostra de museus utilizando mapas de espaços convexos, eixos e isovistas, e correlaciona as propriedades sintáticas ao movimento de pessoas observado in loco. O estudo conclui que a montagem de exposições pode controlar e definir a experiência do visitante sem necessariamente implicar em um sistema pedagógico rígido. Além de estruturar a exploração espacial e do conteúdo exposto, a configuração espacial também pode modular os padrões de co-presença e encontro entre os visitantes, acrescentando um papel social à função didático-pedagógica dos museus.

## 1.4. Inteligibilidade

Em paralelo aos estudos relacionando sociedade e espaço, as técnicas de sintaxe espacial vêm sendo largamente utilizadas para modelar aspectos de cognição espacial, processo que culmina na compreensão da configuração espacial pelo indivíduo (Hart & Moore, op. cit.). Como a navegação através de qualquer complexo espacial não pode depender unicamente da percepção visual direta, relativamente localizada, é necessária uma compreensão mais abstrata do modo em que as partes locais estão relacionadas de modo global. Desse modo, a inteligibilidade é considerada como a correlação entre as características locais, expressas pela medida de conectividade, com as características globais do sistema, expressa pela medida de integração. Peponis et al. (op. cit.) utilizam técnicas de sintaxe espacial em estudos empíricos de navegação e orientação espacial em hospitais, comparando o desempenho na escolha de percursos (*wayfinding performance*) às propriedades sintáticas da configuração espacial. A medida de integração do complexo espacial é correlacionada aos padrões de navegação observados através de uma 'estrutura de busca', um modelo que relaciona as propriedades inteligíveis de complexos espaciais às seguintes regras de navegação:

- continue na mesma direção, a menos que uma mudança de direção permita a visão mais longe, de mais espaço ou atividades;
- quando em dúvida, vá para um espaço altamente integrado;
- percorra os setores inexplorados, os mais complexos e os visitados há muito tempo antes de retornar aos já percorridos, aos mais simples e aos visitados recentemente.

O estudo conclui que os padrões de exploração de complexos espaciais seguem fortemente a configuração espacial, de modo que a já referida correlação entre configuração e movimento (movimento natural) e densidade de uso (comunidade virtual) é acrescida de uma dimensão cognitiva, dada pelo paralelo entre padrões de navegação e orientação e a integração de complexos espaciais.

Na análise de ambientes urbanos, estudos comprovam que a configuração espacial afeta a cognição espacial dos moradores. Kim (op. cit.) compara as propriedades sintáticas de mapas axiais de parcelas urbanas às suas respectivas representações cognitivas –mapas esquemáticos de ruas, prédios e espaços abertos feitos pelos moradores. A principal correlação encontrada é da integração local com as propriedades sintáticas globais e a frequência de presença de elementos nos mapas cognitivos. O estudo analisa parcelas urbanas com diferentes graus de inteligibilidade, concluindo que a correlação entre configuração e cognição espacial

é maior em sistemas mais inteligíveis. Assim, as propriedades da configuração espacial afetam positivamente a aquisição de conhecimento espacial, e o processo de cognição espacial pode ser facilitado ou dificultado pela inteligibilidade da configuração espacial. A inteligibilidade é, portanto, não apenas uma característica física do ambiente, mas passa a constituir um aspecto do processo de cognição espacial, relacionada a dois tipos de conhecimento espacial complementares:

- conhecimento intuitivo do ambiente imediato, que pode ser percebido localmente;
- conhecimento potencial da estrutura global do ambiente, que deve ser construído gradualmente com a presença mais prolongada do usuário no ambiente.

Da inteligibilidade de um complexo espacial depende também a sua 'imageabilidade', conceito de Kevin Lynch que representa o potencial de uma cidade ser reconhecida visualmente. Dalton e Bafna (op. cit.) relacionam elementos de análise sintática como eixos e isovistas às cinco categorias de elementos das teorias de Lynch, reunidos em dois grupos:

- nós, vias e distritos, considerados elementos de primeira ordem, estruturalmente distintos e relacionados topologicamente ao observador;
- limites e marcos, considerados elementos de segunda ordem, visualmente distintos e relacionados geometricamente ao observador.

Em um estudo de caso a ocorrência dos elementos de Lynch em mapas cognitivos é comparada às propriedades sintáticas do respectivo complexo espacial, descrito por eixos e isovistas. Assim, o conceito de 'imageabilidade' de Lynch é relacionado ao conceito de 'inteligibilidade' da sintaxe espacial, quando as características locais de um sistema permitem antever suas propriedades globais. Dalton e Bafna concluem que a 'imageabilidade' de uma cidade depende de sua inteligibilidade, mas que uma cidade inteligível não precisa necessariamente ser reconhecida visualmente com maior facilidade.

Em sistemas mais inteligíveis, ou seja, aqueles em que os espaços mais integrados são também os mais conectados, a correlação entre integração espacial e movimento é maior. Apesar de a sintaxe espacial correlacionar com sucesso o movimento de pessoas à configuração espacial, a teoria não inclui nenhuma representação explícita da cognição individual ou da motivação pessoal envolvidas no uso do espaço. Entretanto Penn (op. cit.) afirma que boa parte desses aspectos é exosomática, ou seja, não estão no indivíduo, mas no próprio ambiente, pelo que estariam implícitos na teoria da sintaxe espacial. O espaço cognoscível complexo,

que deve ser apreendido para além da visão local, é um espaço topológico, não métrico. Por isso a correlação mais frequentemente encontrada entre medidas sintáticas do espaço e fluxo observado de pessoas se dá através do mapa axial. Com destaque para a medida da integração, o mapa axial descreve as relações topológicas entre diferentes eixos ou direções de deslocamento, aspectos por sua vez presentes nos comportamentos de exploração e orientação espacial.

Dalton (op. cit.) utiliza a imersão em ambientes virtuais na análise do comportamento humano em atividades de navegação. O autor desenvolve um modelo baseado na tomada de decisões ao longo do percurso, sendo esse último representado como a soma das mudanças de direção em sucessivas bifurcações e junções. Os indivíduos tendem a desenvolver um percurso o mais linear possível, minimizando o desvio angular, desde que a direção da trajetória coincida com a direção do destino em questão. Além de tornar o percurso menos complexo, portanto mais compreensível, quanto menos mudanças de direção o indivíduo fizer, menor lhe parecerá a distância percorrida. Esse comportamento observado por Dalton confirma a hipótese de Hillier de que as pessoas se movimentam ao longo de eixos, procurando maximizar suas linhas de visada, o que corrobora o sucesso de mapas axiais em correlacionar o movimento humano às propriedades da configuração espacial.

Brösamle e Hölscher (op. cit.) também investigam a influência da inteligibilidade no movimento exploratório e na compreensão de configurações espaciais sob o ponto de vista do indivíduo. Para isso, comparam o desempenho de seres humanos e agentes navegando em dois ambientes virtuais, um com alta inteligibilidade e outro com baixa inteligibilidade, caracterizadas pela correlação entre a conectividade e integração dos sistemas descritos por mapas axiais. Concluem que o desempenho das pessoas está menos correlacionado com as propriedades sintáticas das linhas axiais do que o desempenho de agentes com movimento aleatório. O comportamento das pessoas é ainda marcado pela capacidade de identificar os eixos conceitualmente mais importantes do sistema, preferindo percorrer os eixos mais longos e integrados e evitando os eixos menores e mais segregados.

Yun e Kim (op. cit.) por sua vez destacam a influência de mudanças de direção e da distância métrica na cognição espacial. Comparam a descrição sintática de um campus universitário com mapas cognitivos feitos por usuários com diferentes tempos de experiência do espaço analisado. Nos mapas cognitivos analisam a disposição de caminhos, prédios, seus acessos e seus nomes e a

distância dos mesmos ao eixo principal, de maior integração e que organiza todo o complexo. A frequência de ocorrência de cada prédio nos mapas cognitivos é correlacionada à integração global do mapa axial, às mudanças de direção (profundidade no mapa axial) e à distância métrica do acesso dos prédios ao eixo principal. O estudo conclui que tanto a profundidade quanto a distância métrica influenciam no processo cognitivo, com predomínio daquela sobre essa. A descrição mental do espaço é organizada a partir de um elemento central, sendo ampliada à medida que o conhecimento aumenta com o uso recorrente de determinado complexo espacial.

## 1.5. Grafos de Visibilidade

Apesar de largamente utilizados em estudos tanto de parcelas urbanas quanto de edificações, a validade dos métodos 'alpha' e 'gamma' é também questionada, pois em ambos os métodos a divisão em unidades espaciais discretas não é absoluta. A divisão de um complexo espacial no menor número das maiores unidades possíveis pode variar em função do ponto de vista do pesquisador. Em função disso, Hillier (op. cit.) apresenta um novo método para análise de configurações espaciais, denominado 'mapa de todas as linhas' (*all-line map*). O método consiste na descrição do espaço através de eixos ligando todos os vértices mutuamente visíveis de determinado complexo espacial. Com o mapa axial de todas as linhas são calculadas as medidas sintáticas a exemplo dos modelos 'alpha' e 'gamma'. O 'mapa de todas as linhas' pode ainda ser reduzido a um conjunto mínimo de linhas que descrevam a mesma configuração, denominado 'mapa de mínimas linhas' (*fewest line map*). Além de poder ser executado automaticamente, o modelo 'all-line' tem a vantagem de permitir a análise de espaços internos fluidos, cuja divisão em unidades espaciais discretas não é evidente. Ainda assim, o resultado no método 'all-line' pode variar em função da quantidade de vértices que a envoltória espacial apresentar.

Turner et al (op. cit.), por sua vez, desenvolvem uma outra técnica para a geração automática de mapas sintáticos. Partindo do conceito de campos de isovistas, propõe a análise de um grafo das posições mutuamente visíveis de um complexo espacial. Os possíveis pontos de ocupação do complexo espacial sobre uma malha regular próxima da escala humana são considerados os nós do grafo, e suas conexões representam as relações de visibilidade ou permeabilidade entre os nós. Através da análise desse grafo de visibilidade (*visibility graph analysis – VGA*) podem ser medidas propriedades espaciais locais e globais. O 'tamanho da

vizinhança' (*neighbourhood size*) é uma medida local que descreve a quantidade de nós visíveis a partir de cada ponto da malha, o que também corresponde à área de sua isovista. O 'coeficiente de agrupamento' (*clustering coefficient*) é uma medida local que descreve a visibilidade entre os vizinhos de um determinado ponto, de acordo com a convexidade da isovista naquele ponto. Considerando o movimento do observador, o coeficiente de agrupamento se refere à variação na quantidade de informação visual disponível entre posições vizinhas. Na movimentação entre posições vizinhas com elevado coeficiente de agrupamento ocorre pouca variação no campo visual, já na movimentação entre posições com baixo coeficiente de agrupamento a informação visual disponível se altera significativamente. Desse modo, o coeficiente de agrupamento está relacionado à tomada de decisões nos comportamentos humanos de navegação e orientação espacial, indicando pontos de tomada de decisão em rótulas e bifurcações de complexos espaciais. Já a 'menor distância média' (*mean shortest path length*) é uma medida global que indica a menor quantidade de passos visuais de um ponto do complexo para todos os outros, correspondendo à integração visual do sistema. Na medida em que relacionam todas as posições potenciais de ocupação de um complexo espacial, as medidas do grafo de visibilidade estão ainda relacionadas ao potencial de co-presença e interação entre diferentes usuários de um mesmo espaço.

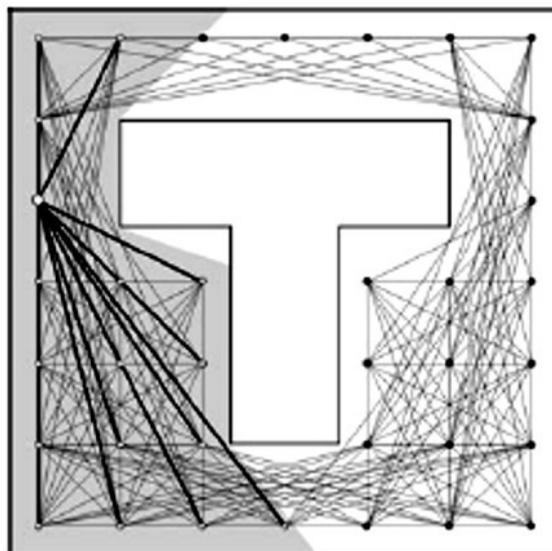


Figura 7 - exemplo de um grafo de visibilidade, destacando em preto as conexões de um dos pontos, cuja isovista aparece em cinza

Desyllas e Duxbury (op. cit.) comparam as propriedades do grafo de visibilidade (VGA) de parcelas urbanas às respectivas descrições baseadas em mapas axiais. O estudo conclui que a visibilidade descrita pela conectividade-VGA está mais bem correlacionada ao movimento observado do que qualquer um dos descritores sintáticos baseados no mapa axial. Além disso, enquanto no mapa axial

a correlação das propriedades sintáticas deve ser feita com a média do fluxo ao longo de todo um eixo, o método VGA permite uma comparação muito mais exata, por descrever a configuração espacial ponto a ponto.

Doxa (op. cit.) demonstra a utilização do método VGA para investigar a relação entre os padrões de co-presença, o uso e a configuração de espaços internos com 'planta livre'. O estudo analisa os saguões de edifícios públicos destinados à exibição de espetáculos, descrevendo suas propriedades morfológicas através da análise de grafos de visibilidade (VGA), com destaque para os seguintes atributos:

- **conectividade:** tamanho da vizinhança de cada ponto, equivalente ao seu campo de visão ou isovista;
- **profundidade do ponto** (*point depth*): o número de mudanças de direção para um usuário se deslocar entre dois pontos da malha;
- **integração:** derivada da menor distância média de um nó a todos os outros pontos do sistema;
- **coeficiente de agrupamento:** grau de inter-visibilidade entre os vizinhos de cada ponto;
- **tamanho de grupo** (*clique size*): maior grupo convexo de pontos da vizinhança de um nó em que o mesmo faça parte;
- **profundidade configuracional** (*configurational depth*): profundidade do núcleo de integração visual ou profundidade do acesso.

O estudo correlaciona as medidas sintáticas aos padrões de uso do espaço, de acordo com a movimentação de pessoas observada in loco. O trajeto dos usuários é registrado a partir dos acessos, bem como a posição relativa dos mesmos entre si em diversos momentos, sendo os padrões de uso analisados com base nas das seguintes propriedades:

- 'consciência mútua' (*co-awareness*): medida como o número de relações visuais formadas entre pessoas a cada instante;
- 'co-presença' (*co-presence*): número de pessoas diretamente acessíveis a partir do ponto em que o usuário se encontra;
- 'relações convexas' (*convexity relations*): calculadas como o número de ocupantes da vizinhança de um usuário que forma um grupo convexo.

Doxa conclui que a integração visual está correlacionada ao padrão de co-presença dos visitantes, cuja percepção a partir dos acessos é influenciada pela relativa integração ou segregação dos mesmos. Além disso, a morfologia espacial e

a distribuição das atividades podem modular os padrões de uso do espaço e ainda gerar diferentes modos de socialização e transmissão da cultura.

## 1.6. Agentes

Outra aplicação dos grafos de visibilidade é na simulação do movimento humano com o uso de agentes computacionais. Turner e Penn (op. cit.) desenvolvem um modelo comportamental com regras de movimento baseadas na teoria ecológica de Gibson, em que o movimento dos agentes é guiado pela percepção direta das propriedades do ambiente. Utilizando o conceito de '*affordances*', o modelo, denominado '*exosomatic visual architecture*' (EVA), estabelece a relação entre agentes computacionais e um ambiente virtual, procurando reproduzir o movimento de pessoas observado em situações reais. Como os agentes não enxergam literalmente, eles são previamente informados das possibilidades de movimentação através de uma lista de todas as posições mutuamente visíveis do ambiente (VGA). O modelo permite o ajuste de parâmetros tais como a escolha de destinos, o campo de visão dos agentes e a distância percorrida entre os pontos de tomada de decisão. Assim o modelo EVA baseia-se apenas na configuração espacial do ambiente, descrita pelo grafo de visibilidade, simulando o movimento natural proposto pela sintaxe espacial, porém sem levar em conta a cognição dos caminhos percorridos, nem as origens e destinos dos agentes.

Contudo Penn e Turner (op. cit.) afirmam que o fato dos agentes terem acesso ao grafo de visibilidade do espaço não apenas estabelece seu modo de visão, mas também lhes confere uma forma de memória ou cognição. Isso porque o grafo de visibilidade oferece, além da informação local a respeito das possibilidades de deslocamento, informações globais a respeito de todo o complexo. O movimento dos agentes pode ser programado por regras simples com sucessivos passos aleatórios, prescindindo de regras mais complexas baseadas em sistemas de origem-destino. A regra aleatória permite aos agentes, por exemplo, circular ao longo de corredores quando a maior parte do espaço estiver à frente de si, o que está de acordo com o movimento humano real naquele tipo de espaço. Os destinos subsequentes são escolhidos entre todas as possibilidades visíveis a partir do ponto onde se está independentemente da distância em que se encontrem, e as decisões são revistas continuamente ao longo do trajeto. Com isso Penn e Turner (op. cit.) concluem que os efeitos da configuração espacial sobre o movimento de pessoas, largamente observado pelos estudos de sintaxe espacial, são consistentes com um modelo de decisão individual baseado nas '*affordances*' espaciais presentes na

morfologia do campo visual local. Essas possibilidades dependem do local e da orientação em questão, pois um mesmo ambiente oferece diferentes possibilidades a partir de diferentes pontos de vista. As decisões de pessoas em movimento a respeito dos próximos passos são tomadas com base na visão de possibilidades de percurso a longa distância. Por isso a configuração espacial influencia o movimento humano com base em seu arranjo linear, gerando e organizando padrões lineares de movimento ao longo de suas maiores dimensões, o que justifica o sucesso empírico do mapa axial em explicar os padrões de movimentação humana.

Apesar da grande quantidade de estudos de sintaxe espacial voltados para a relação entre indivíduo e ambiente, Turner (2007) identifica a falta de uma ligação formal entre a linha axial, utilizada na descrição de configurações espaciais, e o indivíduo. Em função disso, Turner propõe um novo modelo que visa a relacionar de modo mais consistente os modelos de agentes orientados pela visão às análises topológicas baseadas em mapas axiais. Baseado em grafos de visibilidade (VGA), o modelo transforma as linhas de intervisibilidade entre todos os pontos em *pixels*, ou seja, fragmentada as mesmas em seqüências de pontos que passam a constituir linhas de 'visão através'. Considerando-se a contribuição de todas as linhas para cada ponto da malha é elaborado um mapa de 'visão através' (*trough vision*). Em diversas situações de estudo são encontradas boas correlações entre os valores do mapa de 'visão através' e o movimento de agentes, sugerindo a utilização das 'linhas de visão através' para a elaboração de mapas axiais. Esses, por sua vez, poderiam ser reduzidos a mapas de linhas mínimas, a exemplo do procedimento aplicado aos mapas de todas as linhas (*all-line map*).

Turner (op. cit., 2003) justifica o uso de agentes para analisar a relação entre usuário e espaço porque o modelo com agentes, assim como o modelo ecológico, permite excluir do modelo tanto variáveis sociais quanto experiências individuais que poderiam afetar a validade da hipótese apresentada. O modelo com agentes estabelece a relação entre ambiente e homem como possibilidades que o primeiro oferece ao segundo (*affordances*), nesse caso a visão e a possibilidade de locomoção, permitindo simular tarefas de exploração espacial. Turner (op. cit., 2003) utiliza o modelo também em estudos do movimento humano em ambientes urbanos. Com base em experiências anteriores, os agentes são programados para se movimentarem para posições potenciais informadas por um grafo de visibilidade, re-selecionando seu destino a cada três passos em um campo de visão de aproximadamente 170°. Turner compara o movimento dos agentes com o movimento real de pessoas observado em uma determinada parcela urbana, e também com as propriedades sintáticas da mesma, descrita através de eixos,

grafos de visibilidade (VGA) e isovistas. Enquanto o movimento observado de pessoas está bem correlacionado ao movimento dos agentes e à descrição sintática através de eixos, a correlação daquele com a integração visual (VGA) e com a área das isovistas é muito inferior. O estudo também compara o movimento dos agentes às propriedades sintáticas, encontrando-se uma boa correlação com a integração axial. Como o movimento dos agentes é direcional, apesar de aleatório, e as posições subseqüentes são escolhidas a partir de um campo de visão frontal, a correlação encontrada se deve ao aspecto dinâmico que subjaz a medida de integração axial. Turner conclui que tanto a integração axial quanto o uso de agentes permitem modelar com sucesso o movimento humano no espaço, pois ambos os métodos relacionam a dinâmica visual do movimento direcional com as propriedades configuracionais do ambiente.

Em resumo, a sintaxe espacial permite descrever as propriedades locais e globais de sistemas espaciais, expressas através de sua configuração espacial, e também avaliar a inteligibilidade do sistema, expressa pela relação entre essas propriedades. A inteligibilidade influencia o movimento exploratório humano, a compreensão e o reconhecimento de configurações espaciais, sendo a correlação entre integração espacial e movimento maior em sistemas mais inteligíveis. Assim, a inteligibilidade constitui não apenas uma característica física do ambiente, mas também um aspecto da cognição espacial, processo que culmina na compreensão da configuração espacial. Considerada o principal determinante do movimento peatonal e veicular urbano, a configuração espacial está também relacionada ao movimento dos visitantes em museus, podendo articular de modo determinístico ou probabilístico os padrões de co-presença e encontro entre os usuários. As propriedades globais e locais de determinado complexo espacial podem ser analisadas através de mapas axiais, de mapas convexos, e de grafos de visibilidade (VGA). Esses últimos são também utilizados em modelos baseados em *affordances* com agentes computacionais. O movimento humano no espaço tem sido modelado com sucesso com o uso de mapas axiais e agentes, pois ambos os métodos relacionam a dinâmica visual do movimento direcional com as propriedades configuracionais do ambiente.

## **1.7. Paulo Mendes da Rocha e a Pinacoteca**

O projeto de reformulação da Pinacoteca do Estado de São Paulo tem especial relevância na trajetória profissional de Paulo Mendes da Rocha, que se formou em 1954, em São Paulo, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade

Mackenzie. O início de sua atuação foi marcado pela vitória em concursos nacionais de arquitetura. O arquiteto atua em parceria com diversos profissionais e escritórios, além de ter lecionado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Recebeu diversos prêmios, com destaque para o Pritzker de 2006 e o Prêmio Mies van der Rohe para a América Latina, recebido em 2001 pelo projeto de reforma da Pinacoteca do Estado de São Paulo. Segue uma relação cronológica das principais obras de Paulo Mendes da Rocha, com destaque para os projetos de museus, espaços de exibição e montagens de exposições.

- Palácio da Assembléia Legislativa do Estado de Santa Catarina, projeto vencedor de concurso nacional (Florianópolis, 1957);
- Ginásio, piscina e praça de esportes do Clube Atlético Paulistano (São Paulo, 1957/1958);
- Fórum de Avaré (Avaré, SP, 1962)
- Jóquei Clube de Goiânia, projeto vencedor de concurso nacional (Goiânia, 1962);
- **Pavilhão do Brasil na Expo 70**, projeto vencedor construído e posteriormente demolido (Osaka, Japão, 1969);
- **Centro Cultural Georges Pompidou**, projeto não construído premiado em concurso internacional (Paris, França, 1971);
- Estádio Serra Dourada (Goiânia, 1973);
- **1ª Bienal Internacional de Arquitetura** - projeto arquitetônico de montagem da exposição (São Paulo, 1973)
- **Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo - MAC/USP**, projeto não construído (São Paulo, 1975);
- Estação Rodoviária Interestadual (Cuiabá, 1977);
- Biblioteca Pública, projeto não construído (Rio de Janeiro, 1984);
- Terminal Rodoviário de Goiânia (1985);
- Loja Forma (São Paulo, 1987);
- Biblioteca de Alexandria, participação em concurso internacional (Alexandria, Egito, 1988);
- Capela de São Pedro (Campos do Jordão, 1988);
- Residência Gerassi (São Paulo, 1988);
- **Museu Brasileiro de Escultura - MuBE** (São Paulo, 1988);
- **Aquário Municipal** (Santos, 1991);
- Renovação urbana da Praça do Patriarca e do Viaduto do Chá, cobertura de acesso à Galeria Prestes Maia (São Paulo, 1992);
- **Reformulação da Pinacoteca do Estado de São Paulo** (1993/1998);
- Plano urbanístico para a Baía de Vitória (1993);

- **Centro Cultural da Fiesp** (São Paulo, 1996);
- Terminal de Ônibus Parque Dom Pedro II (São Paulo, 1996);
- **23ª Bienal Internacional de São Paulo** - projeto arquitetônico de montagem da exposição (São Paulo, 1996)
- **3ª Bienal Internacional de Arquitetura** - projeto arquitetônico de montagem da exposição (São Paulo, 1997)
- **24ª Bienal Internacional de São Paulo** - projeto arquitetônico de montagem da exposição (São Paulo, 1998)
- Centro de Coordenação Geral do Sistema de Vigilância da Amazônia - Sivam (Brasília, 1998);
- Estudo para a reconfiguração da Baía de Montevidéu (Uruguai, 1998);
- Edifício de serviços estaduais Poupatempo Itaquera (São Paulo, 1998);
- Projeto da Praça dos Museus da Universidade de São Paulo – USP (São Paulo), 2000;
- Participação no Concurso internacional para projetos das instalações para os Jogos Olímpicos de 2008 (Paris, 2000);
- **Brasil + 500 Mostra do Redescobrimento** - projeto arquitetônico de montagem da exposição (São Paulo, 2000)
- **Museu da Língua Portuguesa**, intervenção e reforma da Estação da Luz (São Paulo, 2000/2006);
- **Galeria Vermelho** (São Paulo, 2003);
- **Galeria Leme** (São Paulo, 2003);
- Plano diretor da unidade Lagoas-Marcosende da Universidade de Vigo (Pontevedra, Espanha, 2004);
- **Museu Nacional de Belas Artes – MNBA**, projeto não executado para ampliação do museu (Rio de Janeiro, 2005);
- **Centro Cultural Daros**, projeto de intervenção em edificação histórica (Rio de Janeiro, 2005);
- **Sabina Escola Parque do Conhecimento**, projeto de um museu-escola (Santo André, 2003/2010);
- **Museu Nacional dos Coches** (Lisboa, 2008);
- **Museu de Arte Moderna de Santos** (Santos, 2008);
- **Museu das Minas e do Metal**, intervenção em edificação histórica em (Belo Horizonte, 2008);
- **Cais das Artes**, complexo cultural composto de museu e teatro sendo construído na cidade natal do arquiteto (Vitória, 2011).

## 2. Materiais e Métodos

A Pinacoteca do Estado de São Paulo se situa na região norte do centro da cidade de São Paulo, e se localiza no quadrante sudeste do Parque da Luz, na esquina formada pela Avenida Tiradentes e pela Praça da Luz. Antes da reformulação de Paulo Mendes da Rocha, a entrada principal se localizava na fachada leste, voltada para a Avenida Tiradentes, através de escadarias que conduziam ao hall no pavimento intermediário dos três que compõe a edificação. No projeto de reformulação, a entrada principal foi transferida para a fachada lateral, de orientação sul. Voltado para a Praça da Luz, o novo acesso se dá através de uma varanda pré-existente, ao passo que a escadaria da fachada leste foi transformada em um belvedere.



**Figura 8 -** localização da Pinacoteca, na extremidade sudeste do Parque da Luz, na esquina da Av. Tiradentes e da Praça da Luz



Figura 9 - vista da fachada leste da Pinacoteca, voltada para a Av. Tiradentes



Figura 10 - vista da fachada sul da Pinacoteca, voltada para a Praça da Luz

A estruturação espacial da Pinacoteca, sua inteligibilidade e o movimento de seus visitantes serão investigados em três situações de análise, aqui definidas como a maneira como o museu se apresenta. A **situação original** corresponde ao prédio antes da reforma, a **situação de projeto** corresponde à proposta de Paulo Mendes da Rocha, e a **situação de uso** exemplifica a montagem de exposições no museu. O estudo está concentrado no pavimento intermediário do prédio, em que se dá o acesso principal de público, sendo desconsiderados o térreo e o segundo pavimento. Essa escolha se deve às três seguintes razões:

- o acesso principal e a distribuição do público para os demais pavimentos se dão através do pavimento intermediário, objeto da presente investigação;
- o pavimento de acesso da Pinacoteca está destinado a exposições temporárias, que requerem maior necessidade de flexibilidade para diferentes leiautes de montagem de exposição;
- o aplicativo computacional utilizado na presente investigação para análise dos grafos de visibilidade e a simulação do movimento com agentes computacionais só permite a utilização de espaços grafos bidimensionais.

A seguir serão caracterizadas as três situações de análise, com a identificação das dependências do pavimento de acesso a partir do átrio central, aqui denominado apenas octógono, de acordo com sua função e conforme a sua orientação.

## 2.1. Situação Original

A situação original corresponde ao prédio da Pinacoteca antes da intervenção de Paulo Mendes da Rocha, conforme publicado na Revista AU n°79, que será identificada pela letra 'O'. Antes da reformulação do museu o acesso de público se dava pela escadaria da fachada principal, de orientação leste. A entrada de serviço ficava na mesma fachada, porém no pavimento térreo. As principais linhas de circulação contornavam o octógono central, um átrio de três pavimentos acessível apenas em uma arena no pavimento térreo. As ligações verticais entre os pavimentos estavam restritas às quatro escadas periféricas.

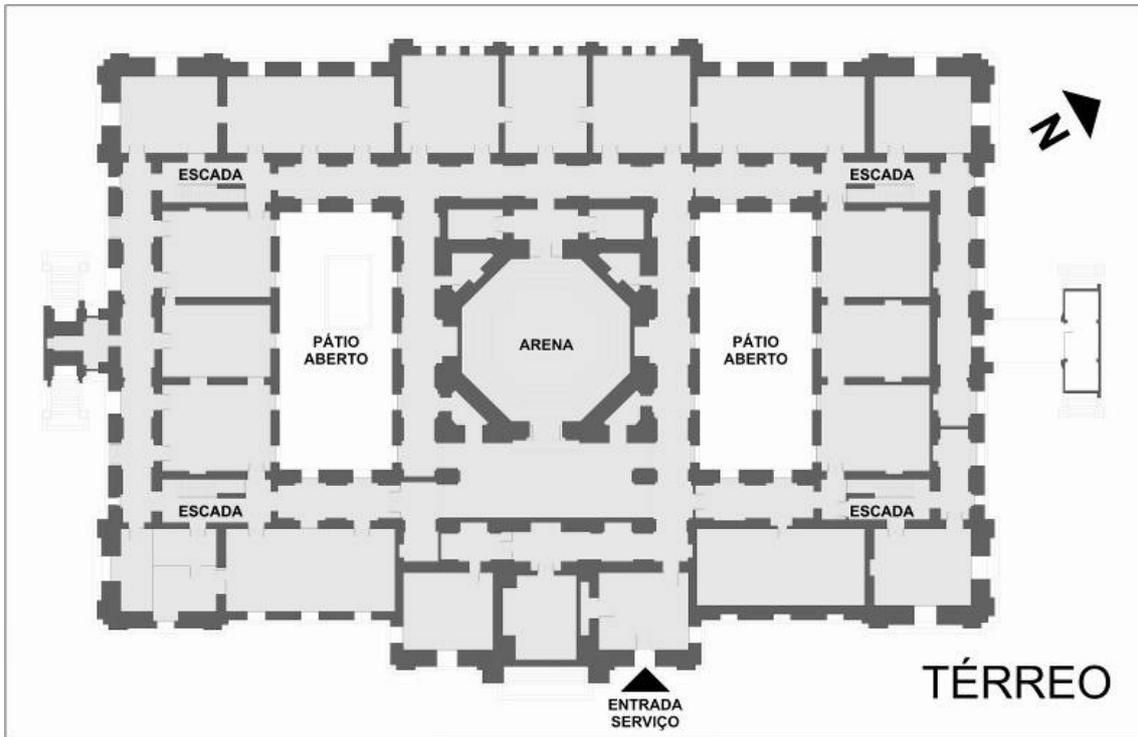


Figura 11 - situação original : planta baixa pavimento térreo

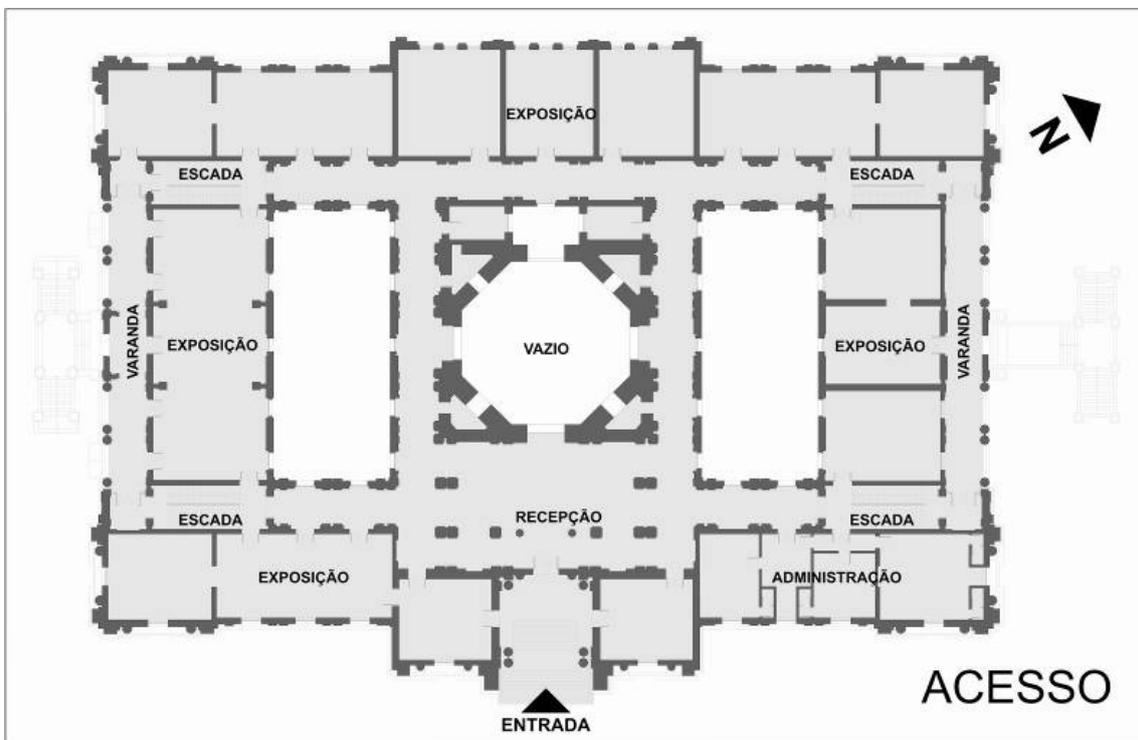


Figura 12 - situação original : planta baixa pavimento de acesso

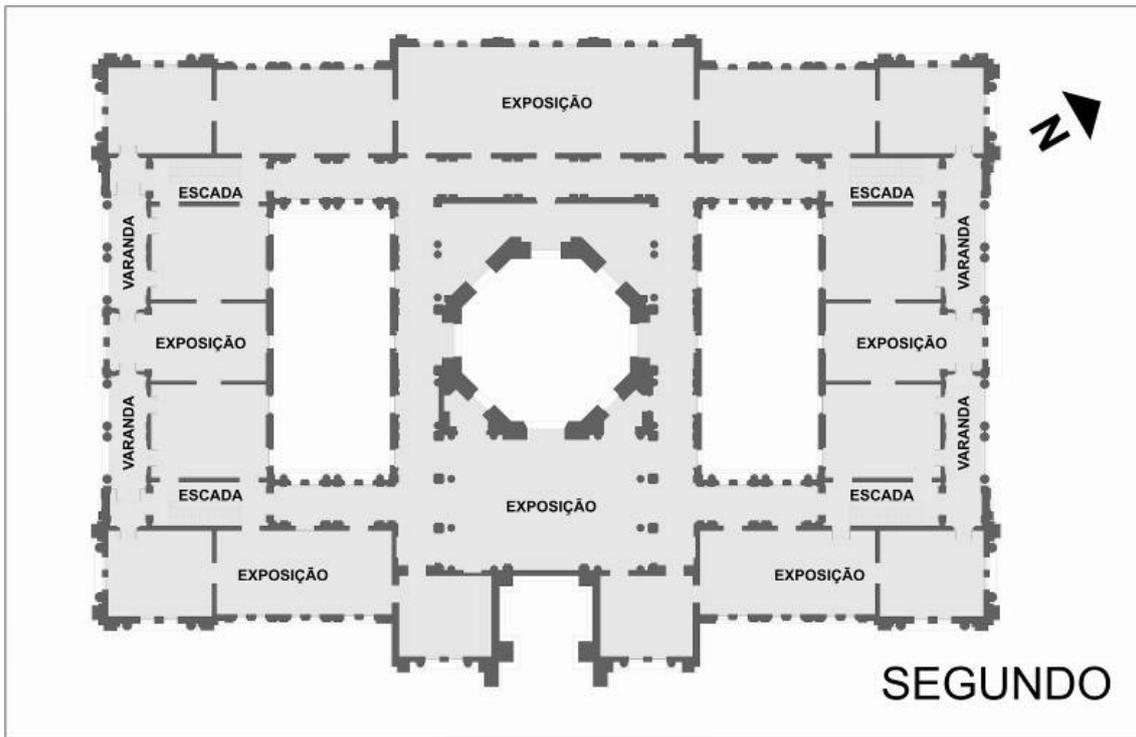


Figura 13 - situação original : planta baixa segundo pavimento

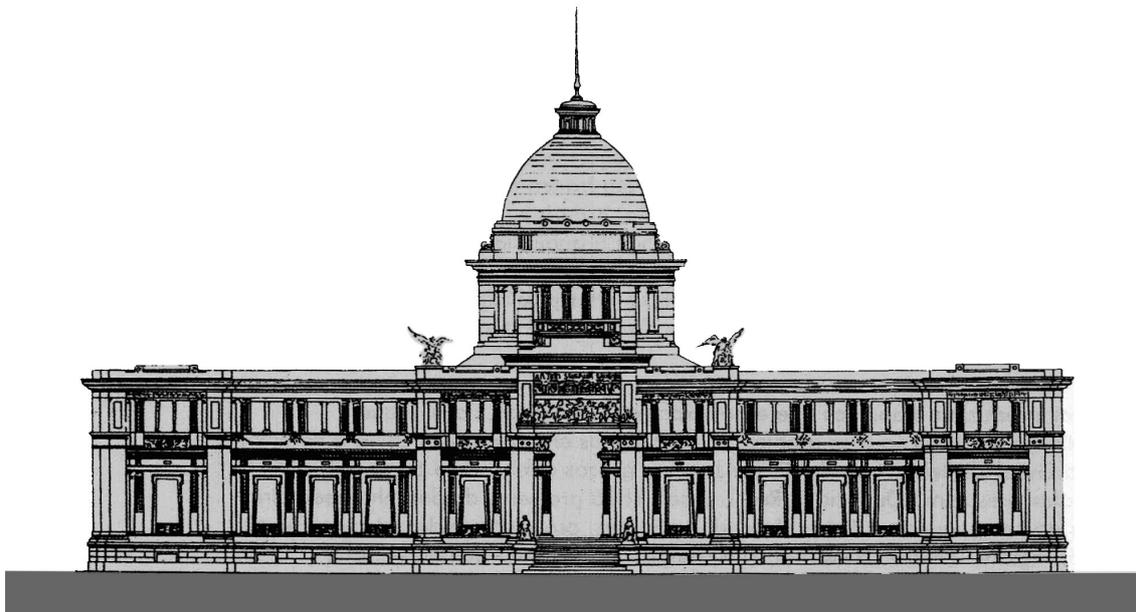


Figura 14 - fachada principal do projeto original de Francisco de Paula Ramos de Azevedo, com a cúpula que não foi construída

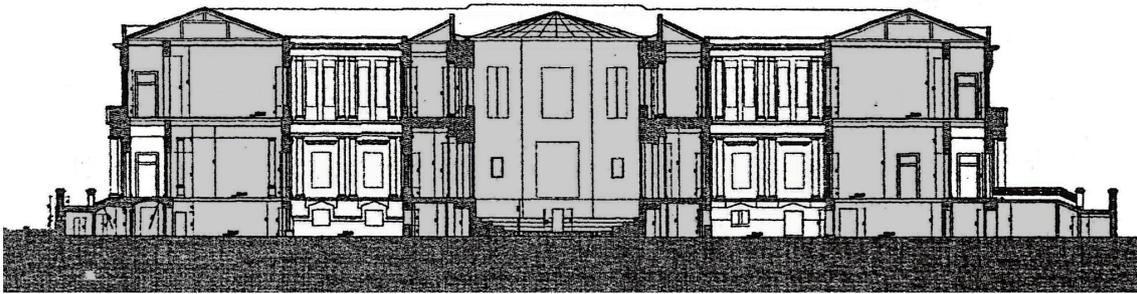


Figura 15 - corte longitudinal da Pinacoteca antes da reforma, mostrando os pátios descobertos e o vazio no octógono central

Nessa situação de análise foram considerados todos os espaços internos do prédio, independente das funções às quais se destinavam. Foram consideradas todas as relações de permeabilidade entre os ambientes, ou seja, todas as possibilidades de circulação entre ambientes. No caso das relações de visibilidade, as visuais através dos pátios foram desconsideradas. Isto se justifica porque a luminosidade fora do prédio é maior durante o dia, o que torna os vidros das esquadrias dos pátios refletivos, impedindo a visualização do interior do prédio através dos mesmos.



Figura 16 - pavimento de acesso situação original : denominação dos ambientes

## 2.2. Situação de Projeto

A situação de projeto, identificada aqui pela letra 'P', corresponde à proposta de reestruturação espacial de Paulo Mendes da Rocha conforme publicada na Revista AU n°79, portanto sem intervenções museográficas na estruturação dos espaços de exposição. Na reformulação do museu o acesso de público foi transferido para a fachada lateral esquerda, de orientação sul, e a entrada de serviço passou para a fachada oposta, no pavimento térreo. As passarelas instaladas nos pátios e a laje construída no octógono, sobre o novo auditório no térreo, criaram duas novas linhas de circulação. As quatro escadas periféricas foram complementadas por duas novas ligações verticais: um elevador principal, no pátio norte, e um elevador secundário, para funcionários, junto ao octógono central, acessado pela circulação sul.

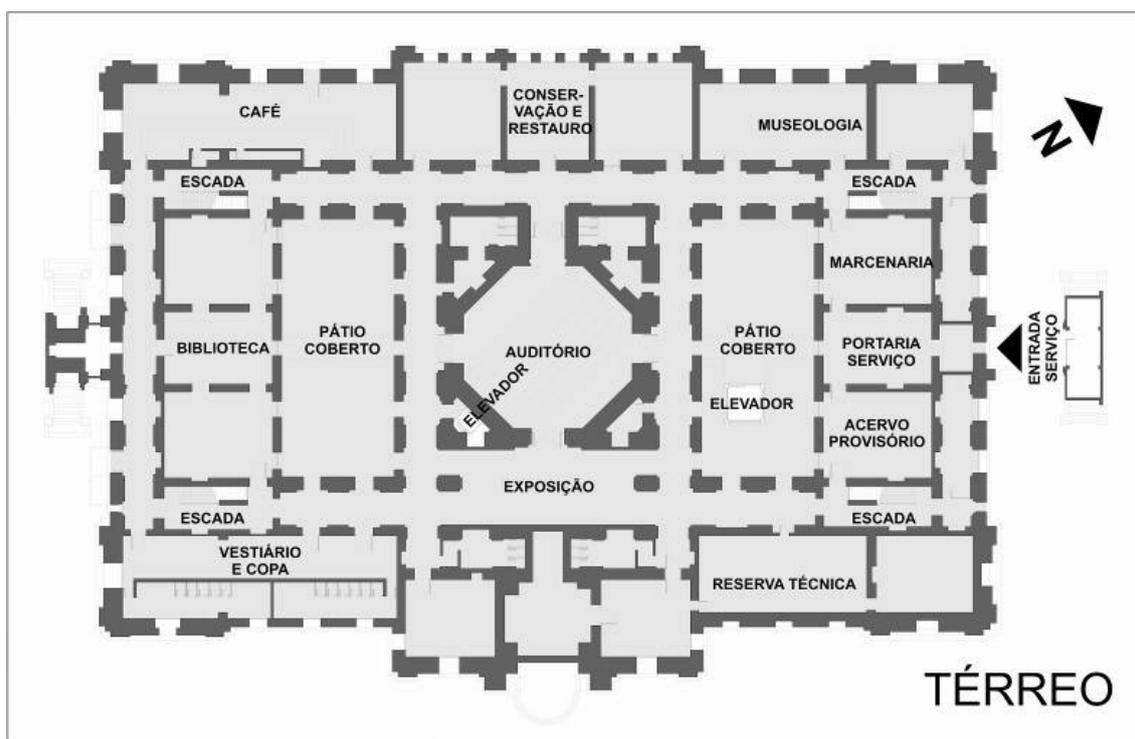


Figura 17 - situação de projeto : planta baixa pavimento térreo

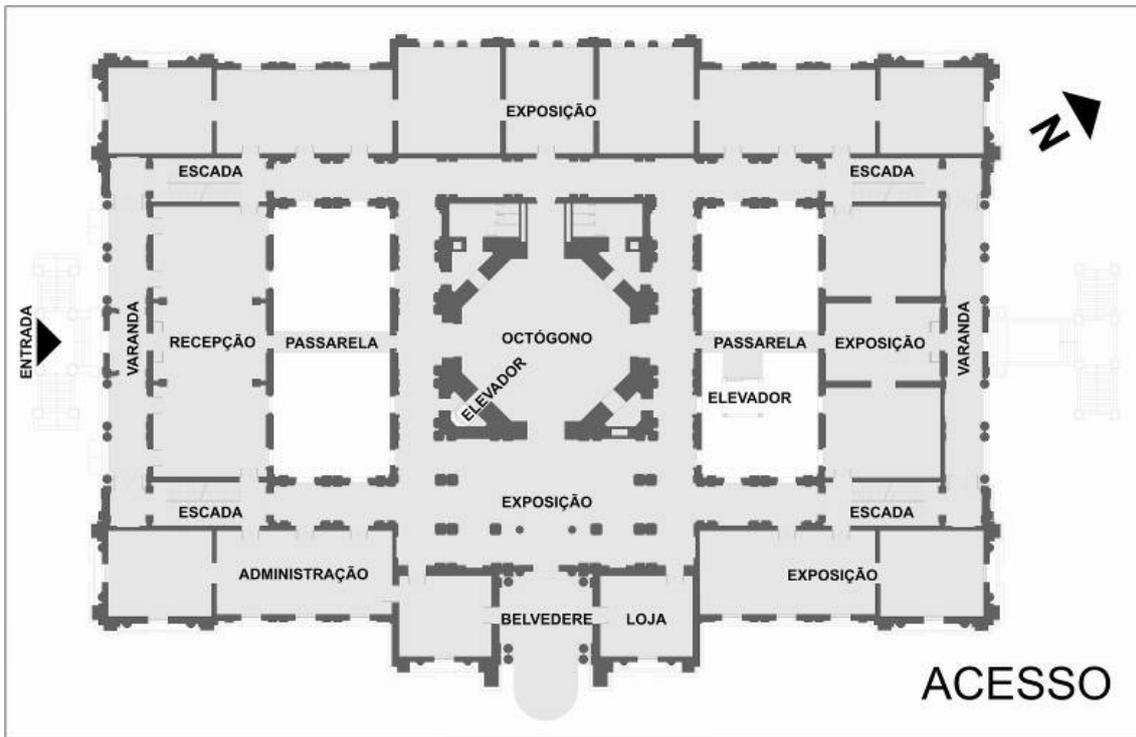


Figura 18 - situação de projeto : planta baixa pavimento de acesso

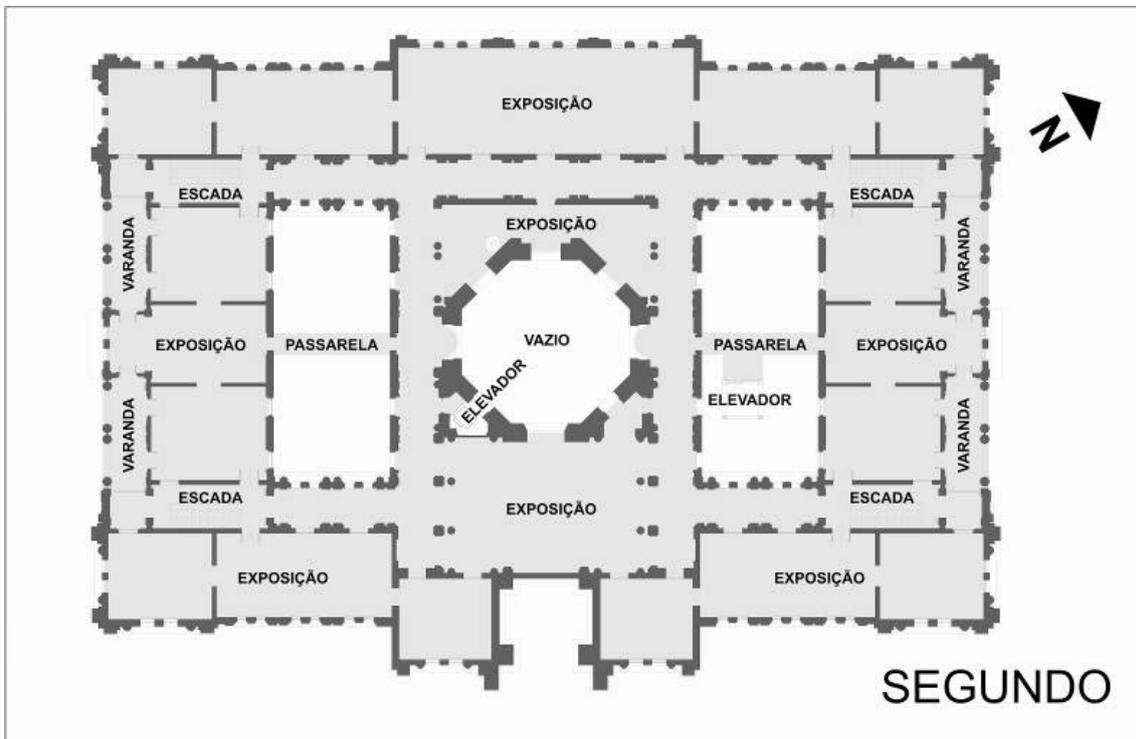


Figura 19 - situação de projeto : planta baixa segundo pavimento

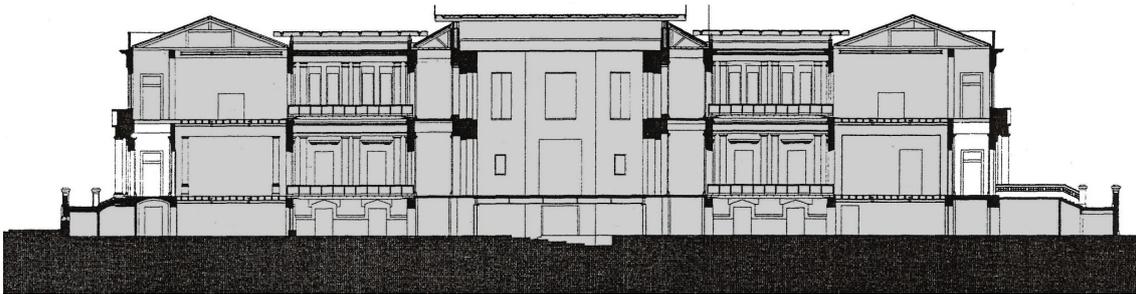


Figura 20 - corte longitudinal da Pinacoteca depois da reforma, mostrando os pátios cobertos, as passarelas e a laje no átrio central

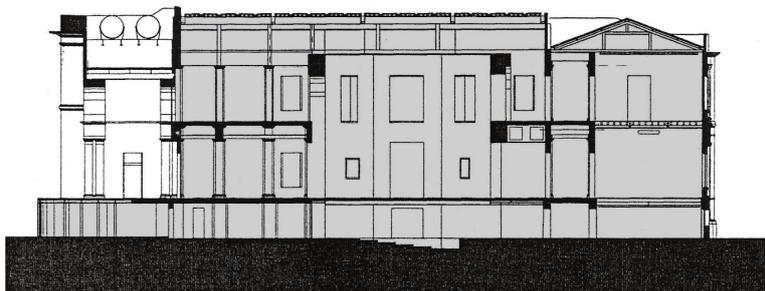


Figura 21 - corte transversal da Pinacoteca depois da reforma, mostrando a laje e a cobertura no átrio central

Nessa situação de análise foram consideradas todas as relações de permeabilidade entre todos os espaços internos do prédio, independente das funções indicadas na proposta. As relações de visibilidade incluíram aquelas entre ambientes internos contíguos separados por divisórias transparentes e através dos pátios, que tiveram suas esquadrias removidas.



Figura 22 - pavimento de acesso situação de projeto : denominação dos ambientes

## 2.3. Situação de Uso

A situação de uso corresponde a um exemplo das condições de utilização dos espaços com a montagem de exposições, conforme observado no museu em janeiro de 2007, identificada pela letra letra 'U'. Na situação observada o acesso de público se dava conforme a situação de projeto, pela fachada sul. No período de observação o elevador principal estava em manutenção, sendo utilizado o elevador secundário, porém apenas por poucas pessoas. A maior parte do público acessava os demais pavimentos através das escadas.

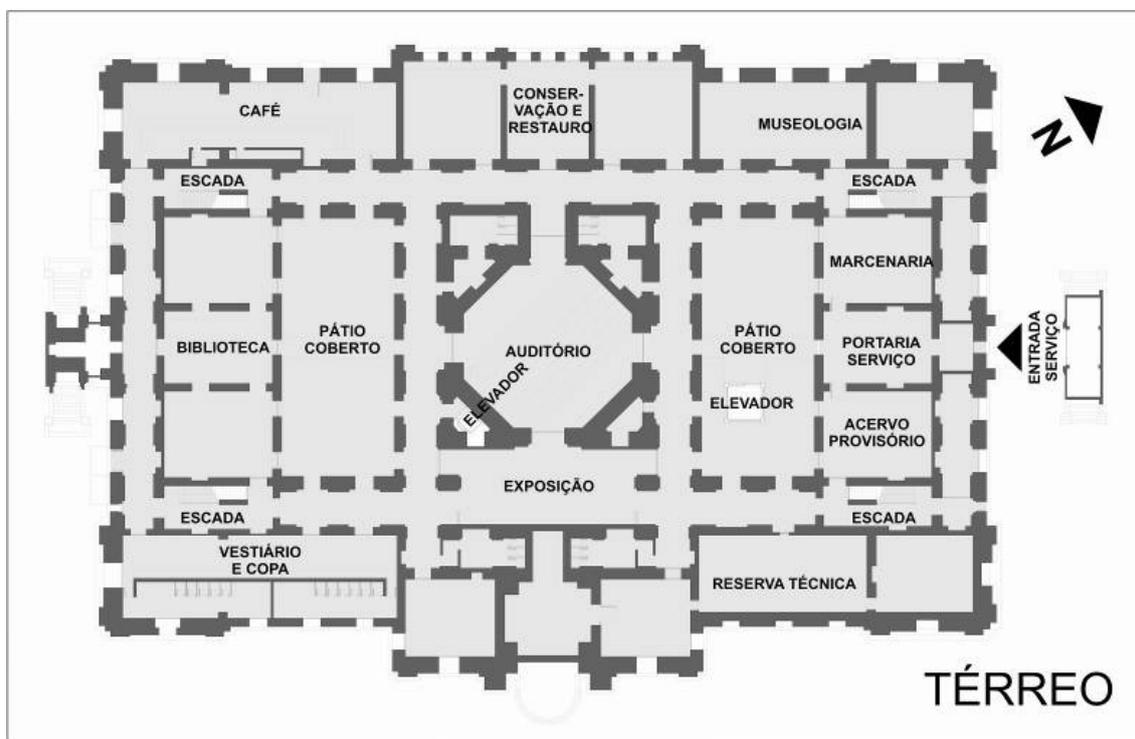


Figura 23 - situação de uso : planta baixa pavimento térreo

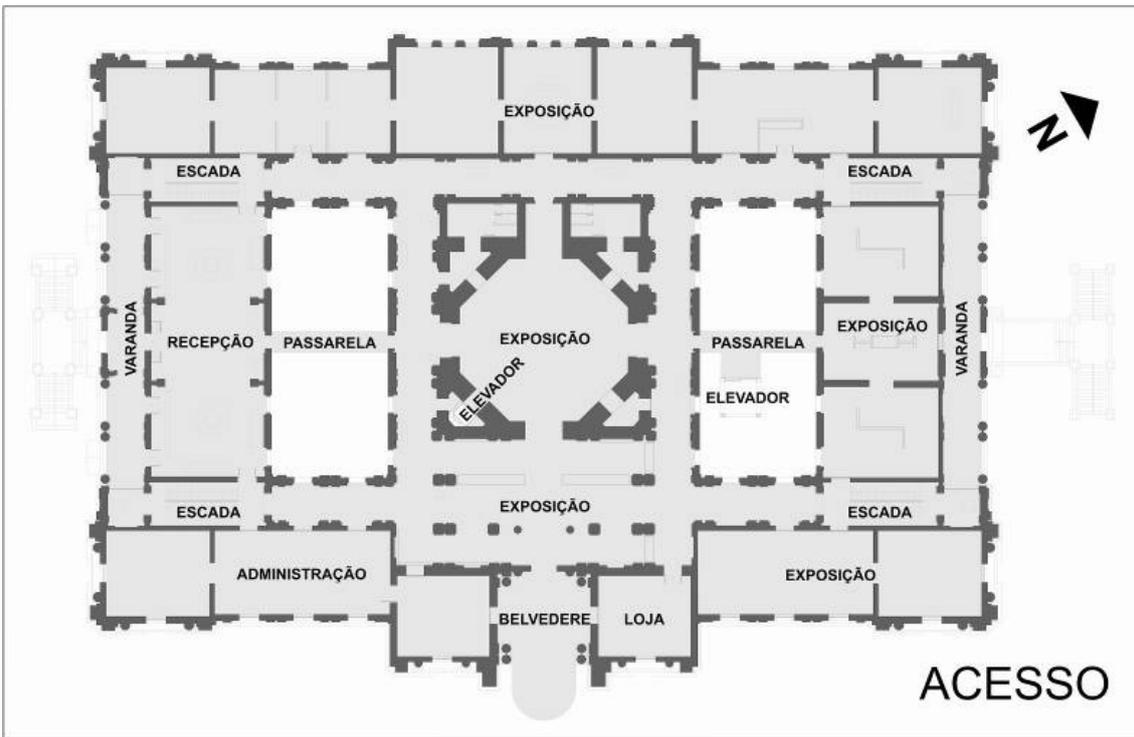


Figura 24 - situação de uso : planta baixa pavimento de acesso

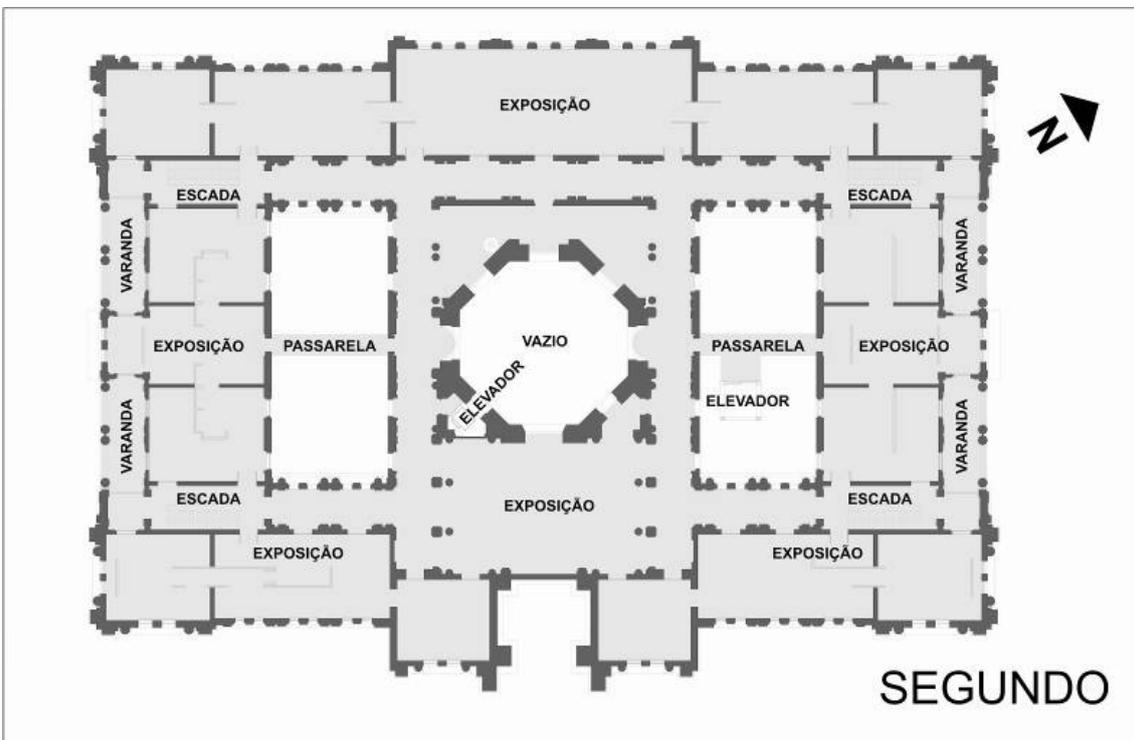


Figura 25 - situação de uso : planta baixa segundo pavimento

Nessa situação de análise foram considerados apenas os espaços que estavam acessíveis ao público. No pavimento de acesso havia quatro exposições temporárias montadas, estando as demais salas do pavimento fechadas. O sentido do percurso de visita das salas oeste do térreo estava definido por uma entrada exclusiva ao sul e, ao norte, unicamente saída. No dia das observações as dependências administrativas e de apoio estavam fechadas ao público, sendo portanto desconsideradas no estudo.



Figura 26 - pavimento de acesso situação de uso : denominação dos ambientes

## 2.4. Estruturação Espacial

Para verificar os níveis de estruturação espacial da Pinacoteca nas três situações de análise foram utilizados mapas convexos e mapas axiais. As técnicas foram utilizadas para modelar as relações de permeabilidade e visibilidade no museu, sendo desconsideradas as relações exclusivamente visuais, ou seja, quando existe a possibilidade de visualização sem a possibilidade de movimentação entre determinados espaços.

### 2.4.1. Mapas Convexos

Os mapas convexos foram feitos a partir da planta baixa do pavimento de acesso. O espaço interno da Pinacoteca foi subdividido em unidades espaciais convexas, sendo pequenas saliências e reentrâncias desconsideradas nesse processo. Os mapas foram desenhados no programa *Autocad*<sup>2</sup> e analisados com o uso do *Mindwalk*<sup>3</sup>, um aplicativo para a análise sintática de mapas axiais. Os mapas convexos descreveram as relações de permeabilidade entre os espaços, sendo considerados conectados os espaços que dão acesso uns aos outros. Os limites dos espaços convexos e suas conexões foram desenhados utilizando '*polylines*', entidades do *Autocad* que reúnem diversos segmentos de linha em uma mesma entidade. Desse modo, ao se importar o mapa no *Mindwalk*, as figuras correspondentes a cada espaço e suas conexões constituem uma única unidade espacial, independente do número de linhas necessário para representar os limites e as conexões de cada espaço. Assim foram calculadas as seguintes propriedades sintáticas das três situações de análise:

- **conectividade convexa:** quantidade de conexões diretas de um espaço com seus vizinhos, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **integração convexa:** relativa assimetria de um espaço, ou seja, sua profundidade média a todos os outros espaços de um sistema, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;

---

<sup>2</sup> *Autocad* é um *software* registrado - Copyright 2006 Autodesk, Inc.

<sup>3</sup> *Mindwalk* é um *software* registrado de Lucas Figueiredo de Medeiros - Copyright © 2002 - 2005

- **profundidade convexa:** profundidade do sistema a partir do espaço de acesso, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos menores aos maiores valores;

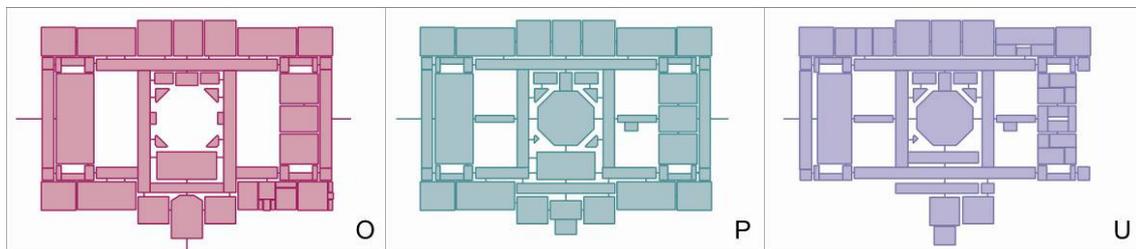


Figura 27 - espaços convexos e suas conexões : situação original, de projeto e de uso

## 2.4.2. Mapas Axiais

Os mapas axiais foram feitos a partir da planta baixa do pavimento de acesso das três situações de análise. Para isso foi considerado apenas o espaço permeável do pavimento de acesso da Pinacoteca, ou seja, o espaço que pode ser percorrido, desconsiderando também as relações exclusivamente visuais. Os mapas foram gerados automaticamente no programa *Depthmap*<sup>4</sup>, a partir da planta baixa do pavimento de acesso, representada de modo simplificado no *Autocad*, ou seja, desconsiderando pequenas reentrâncias e saliências da envoltória do espaço. O método automático consiste no desenho de eixos ligando todos os vértices mutuamente visíveis da envoltória do espaço, prolongando aqueles que tangenciam trechos convexos da mesma. Assim foram desenhados 'mapas de todas as linhas', que foram, por sua vez, reduzidos a 'mapas de linhas mínimas'. Esses mapas axiais incluem apenas o menor número das linhas mais longas que permeiam todo o espaço. Os mapas axiais com linhas mínimas foram analisados com o uso do programa *Mindwalk*, sendo os valores das propriedades sintáticas representados, dos maiores aos menores valores, em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo. Foram calculadas as seguintes propriedades sintáticas dos mapas axiais:

- **conectividade axial:** quantidade de eixos a que cada eixo dá acesso, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **integração axial:** relativa assimetria de um eixo, ou seja, sua profundidade média a todos os outros eixos de um sistema, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;

<sup>4</sup> *Depthmap* é um *software* registrado de University College London - Copyright © 2006 UCL

- **profundidade axial:** profundidade do sistema a partir do eixo de acesso, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos menores aos maiores valores.

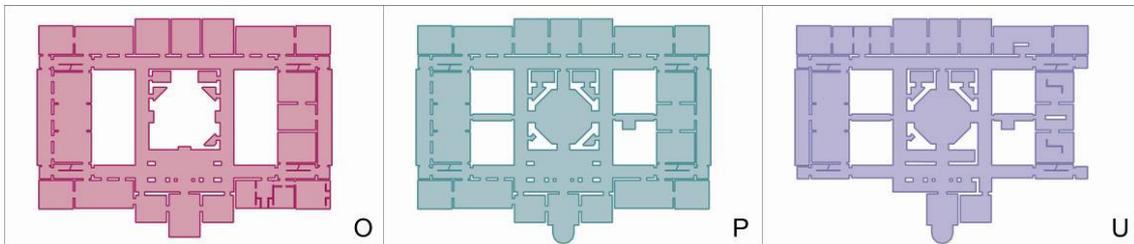


Figura 28 - espaço interno permeável da pinacoteca : situação original, de projeto e de uso

## 2.5. Movimento de Visitantes

A modelagem do movimento dos visitantes da Pinacoteca foi feita utilizando-se duas técnicas. A primeira é a simulação do movimento utilizando-se agentes computacionais, e a segunda é uma amostragem feita no local, baseada na observação do movimento dos visitantes. A seguir são apresentados os métodos e critérios empregados nas duas análises.

### 2.5.1. Simulação Computacional

Na simulação do movimento com agentes computacionais foi considerado apenas o espaço permeável do pavimento de acesso da Pinacoteca. A simulação computacional foi feita com o programa *Depthmap*, a partir de envoltórias simplificadas desenhadas no *Autocad*. O método consiste na introdução, em um ambiente virtual, de agentes computacionais que se movimentam baseados nas possibilidades informadas por um grafo de visibilidade. A movimentação dos agentes foi registrada conforme sua passagem em cada ponto do grafo, de acordo com os seguintes parâmetros. Foi utilizada uma malha de pontos próxima da escala humana, medindo 70x70cm, para a definição do grafo de visibilidade. O programa *Depthmap* trabalha com unidades de tempo indeterminadas, que foram neste trabalho hipoteticamente associadas a segundos. Em assim sendo, o tempo da simulação foi definido em 60 minutos e a população foi definida em 600 agentes. Foram introduzidos 10 agentes por minuto, junto à entrada principal do museu, e o tempo de permanência no ambiente foi de 20 minutos para cada agente. Os agentes tinham um campo de visão de aproximadamente 170° e avançaram três passos antes de re-selecionarem seu destino. O movimento de agentes nas três situações de análise foi registrado através de três técnicas conforme segue:

- **percurso de 20 agentes:** trajetória de 20 agentes computacionais, representada em planta baixa;
- **contagem ponto a ponto:** passagem de agentes por cada ponto da malha, sendo determinados os pontos mais percorridos (com valores acima da média), os menos percorridos (com valores abaixo da média) e os pontos não visitados (em que a contagem de agentes é nula), representados em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **contagem por espaço:** quantifica o total de agentes que passaram por cada espaço convexo, sendo definidos a média geral e os valores acima e abaixo da média, representados em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores.

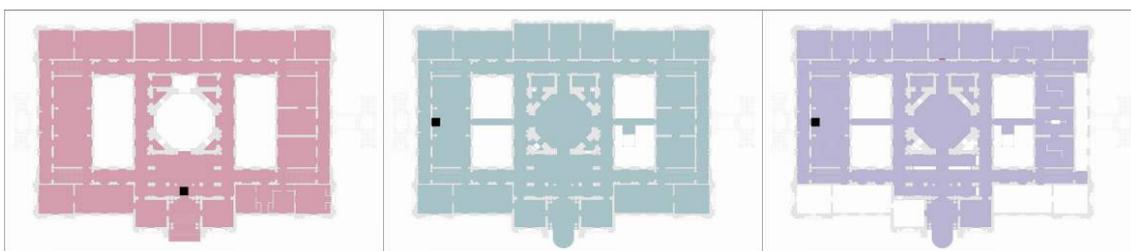


Figura 29 - espaço considerado na simulação computacional e local de entrada dos agentes : situação original, de projeto e de uso

## 2.5.2. Amostragem

Correspondendo à situação de uso definida anteriormente (**U**), a amostragem foi feita apenas no pavimento de acesso da Pinacoteca, em janeiro de 2007. A observação incluiu a verificação do estado de movimento das pessoas em cada ambiente e dos fluxos de movimentação entre os ambientes. A amostragem foi feita em um sábado, dia de entrada franca, quando a Pinacoteca recebe uma grande quantidade de visitantes. Dada a impossibilidade de realizar medições simultâneas por falta de pessoal, a observação foi feita em diversos períodos ao longo do dia, o que não permitiu determinar o número exato da população observada. A observação foi feita utilizando dois métodos: a quantificação instantânea em cada espaço e a quantificação através de 'portais'. O primeiro método consistiu em percorrer o pavimento de acesso em diferentes horários do dia, registrando o estado de movimento das pessoas. A quantidade de pessoas em movimento, paradas e sentadas foi identificada em seis medições, sendo considerados apenas os espaços principais de circulação e de exposição.

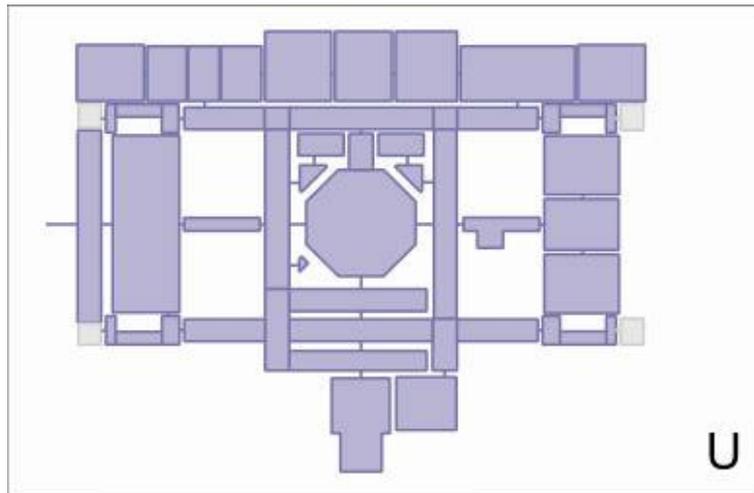


Figura 30 - espaços de exposição e circulação observados

A quantificação em 'portais', por sua vez, partiu da divisão do pavimento de acesso da Pinacoteca em espaços convexos, subdividindo os espaços maiores e com muitas conexões em unidades menores. Na medição utilizando portais foram considerados apenas os espaços de circulação, sendo ignorados os fluxos internos das salas de exposição nos lados oeste e norte do prédio. Definidos os 'portais', a passagem de pessoas foi registrada em cada direção durante períodos de 10 min. Foram feitas duas medições, sendo considerado o valor médio entre ambas. Os resultados da simulação com agentes computacionais foi comparado ao movimento de pessoas observado in loco, registrado através das seguintes técnicas:

- **fluxo no portal:** passagem de pessoas por minuto em cada portal, obtido através da média da passagem em ambos os sentidos em cada portal, dividido pelo tempo de medição, representado em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **fluxo total por espaço:** quantidade de pessoas que percorrem cada espaço em um minuto, ou seja, sua população, determinado somando-se o fluxo de todos os 'portais' que dão acesso ao espaço em questão, representado em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **estado de movimento,** quantidade por minuto de pessoas andando, paradas e sentadas, obtida multiplicando-se o fluxo total de cada espaço pelos percentuais de pessoas em movimento, paradas e sentadas obtidas com a quantificação instantânea, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores.

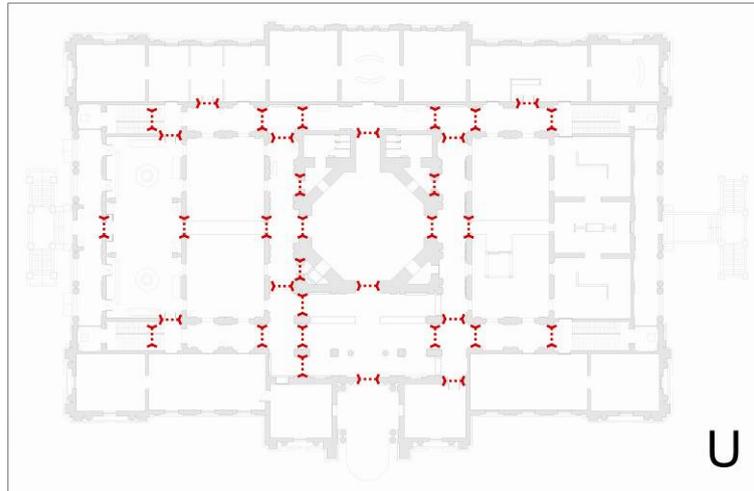


Figura 31 - localização dos portais

## 2.6. Inteligibilidade

Para investigar a inteligibilidade da Pinacoteca foram feitas duas análises, uma do pavimento de acesso como um todo e outra comparando três percursos alternativos a partir da entrada. A informação visual disponível para a compreensão da estrutura espacial da Pinacoteca foi determinada com o uso de isovistas e grafos de visibilidade. A inteligibilidade do pavimento foi analisada com o uso de mapas convexos e axiais e grafos de visibilidade. E a análise de alternativas de percurso combinou descrições convexas e axiais com isovistas. A seguir são apresentados os métodos utilizados.

### 2.6.1. Informação Visual

A informação visual para a compreensão do ambiente foi descrita através de isovistas e grafos de visibilidade (VGA) gerados automaticamente no programa *Depthmap*, a partir de envoltórias desenhadas no *Autocad*. O método consiste no desenho de uma malha de pontos ao longo de todo o espaço interno, incluindo todos os ambientes que podem ser vistos, mesmo que não possam ser percorridos, a exemplo dos vazios dos pátios. A malha foi definida em 70x70cm, portanto bastante próximo da escala humana. O programa determinou as isovistas para cada ponto da malha e produziu mapas que descrevem as seguintes propriedades de isovistas através de escalas de cores:

- **área:** quantidade de espaço visível a partir do ponto de vista, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;

- **perímetro:** quantidade de superfícies visíveis do ambiente, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **oclusividade:** profundidade entre as superfícies visíveis e oclusas no ponto de observação, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **circularidade:** o quanto uma isovista é compacta ou complexa, representado em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores.

A partir da mesma malha de pontos utilizada para a definição das isovistas foi gerado o grafo de visibilidade (VGA) das posições mutuamente visíveis no pavimento de acesso da Pinacoteca, mesmo que algumas dessas posições não possam ser efetivamente ocupadas pelos usuários, como nos pátios. Foram consideradas as seguintes propriedades dos grafos de visibilidade:

- **conectividade visual:** número de conexões visuais de um ponto, ou seja, a quantidade de espaço visível a partir daquele local, representada em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **integração visual:** distância relativa de um ponto a todos os demais pontos do sistema, ou seja, o potencial de um ponto ser visto ou percorrido, representado em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores;
- **profundidade visual:** profundidade configuracional do ponto de acesso, ou seja, o número de mudanças de direção para se visualizar determinado local a partir do acesso, representadas em escala de cores variando entre vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e roxo dos maiores aos menores valores.

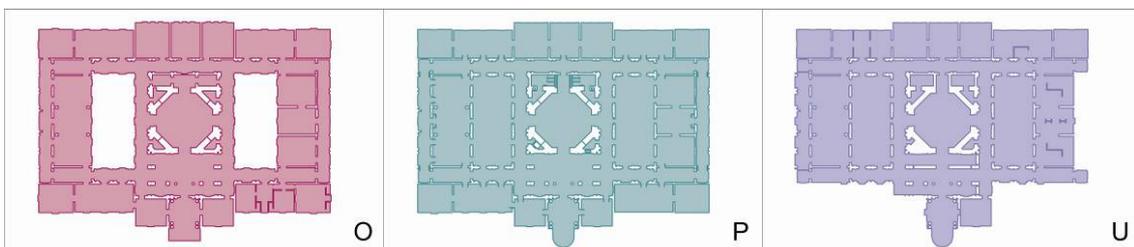


Figura 32 - espaço considerado na análise da informação visual : situação original, de projeto e de uso

## 2.6.2. Inteligibilidade do Pavimento

A inteligibilidade do pavimento de acesso foi investigada utilizando as propriedades sintáticas de mapas convexos, mapas axiais e grafos de visibilidade. Em cada tipo de descrição a medida de integração foi correlacionada tanto à conectividade quanto à profundidade do acesso. O grau de correspondência entre as propriedades correlacionadas foi verificado através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Assim foi possível analisar não apenas a relação entre propriedades locais e globais, mas também a relação entre a posição do acesso e a configuração espacial do museu.

## 2.6.3. Inteligibilidade de Percursos

Para investigar a influência do percurso na compreensão da organização espacial da Pinacoteca foram definidos três percursos alternativos para cada situação de análise, de acordo com os seguintes critérios. Os percursos deveriam iniciar junto à entrada principal, ser o mais lineares possível e atravessar o pavimento até o lado oposto ao da entrada. Na situação original foram analisados o trajeto através da circulação norte até o extremo noroeste da edificação (O1), o trajeto através da circulação sul até o extremo sudoeste (O2), e através da circulação leste e das salas sul até o extremo sudoeste (O3). Na situação de projeto foram analisados o trajeto através da circulação central longitudinal até as salas norte (P1), o trajeto através da circulação leste até o hall da escada nordeste (P2), e através da circulação oeste até o hall da escada noroeste (P3). Na situação de uso foram também analisados o trajeto através da circulação central até as salas norte (U1), o trajeto através da circulação leste até o hall da escada nordeste (U2), e através da circulação oeste até o hall da escada noroeste (U3).

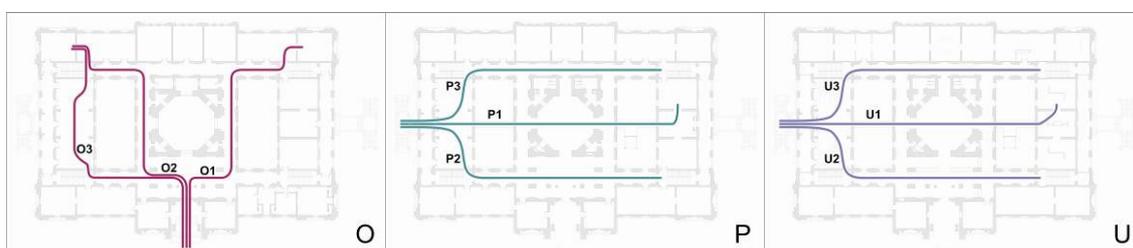


Figura 33 - três percursos alternativos : situação original, de projeto e de uso

O método para a análise dos percursos incluiu a utilização de isovistas, dos mapas convexos e dos mapas axiais. Cada percurso foi analisado em termos da informação visual disponível para a compreensão do ambiente, da quantidade de espaços convexos percorridos e acessíveis, e da quantidade de eixos percorridos e acessíveis em cada caminho, conforme segue.

A análise da informação visual ao longo de cada percurso foi feita utilizando-se isovistas, sendo definidas 50 posições equidistantes ao longo de cada caminho, com aproximadamente 1,40m entre si. Com auxílio do programa *Depthmap*, foram desenhadas as isovistas correspondentes às 50 posições, que foram analisadas em termos de área, perímetro, oclusividade e circularidade. Além dessas propriedades, foi verificada a permanência da informação visual ao longo de cada percurso. Para isso as 50 isovistas foram transformadas em figuras transparentes e sobrepostas, de modo que as regiões mais escuras indicam maior recorrência da informação visual em posições sucessivas, e as regiões mais claras indicam informação visual mais efêmera no deslocamento do usuário. As isovistas desenhadas no *Depthmap* foram importadas no programa *Corel Photopaint*<sup>5</sup>, sendo aplicada transparência correspondente a 10% de opacidade. Assim, de acordo com a frequência de visualização de cada local, as porções coincidentes das isovistas produziram figuras mais escuras, numa gradação de tons de cinza. Essa gradação foi a seguir separada em apenas três faixas, utilizando-se a ferramenta 'alteração da curva de tom', conforme segue. Os tons mais claros (33,3%) foram transformados em branco, correspondendo aos locais com menor tempo de visualização. Os tons mais escuros (33,3%) foram transformados em preto, correspondendo aos locais visualizados por mais tempo ao longo do percurso. E os tons intermediários (33,3%) foram transformados em cinza, correspondendo a locais com uma visualização média. As figuras resultantes das isovistas sobrepostas serão representa

As propriedades sintáticas de cada percurso também foram analisadas utilizando espaços convexos e eixos, sendo considerados os valores de conectividade e integração das unidades espaciais percorridas, representadas em vermelho. Já os espaços convexos e eixos diretamente acessíveis ao longo de cada percurso foram representados em laranja.

---

<sup>5</sup> *Corel Photopaint* é um *software* registrado - Copyright © 2006 Corel Corporation

## 3. Resultados e Análise

### 3.1. Estruturação Espacial

Seguem os resultados da análise da estruturação espacial da Pinacoteca utilizando mapas convexos e mapas axiais.

#### 3.1.1. Mapas Convexos

Na análise utilizando espaços convexos, as propriedades sintáticas da situação original são as seguintes. A conectividade média é de 2,43 conexões, com um desvio padrão de 1,88. Os espaços mais conectados são a circulação oeste, com 10 conexões, seguido das circulações norte e sul, ambas com 9 conexões. A integração convexa média é de 0,99 e o desvio padrão de 0,26. Os espaços mais conectados são também os mais integrados, a saber a circulação oeste (1,79), a circulação norte (1,66) e a circulação sul (1,41). A profundidade média a partir do espaço de acesso é de 4,46 passos sintáticos, com um desvio padrão de 1,74, sendo o espaço mais profundo a varanda norte (8 passos).

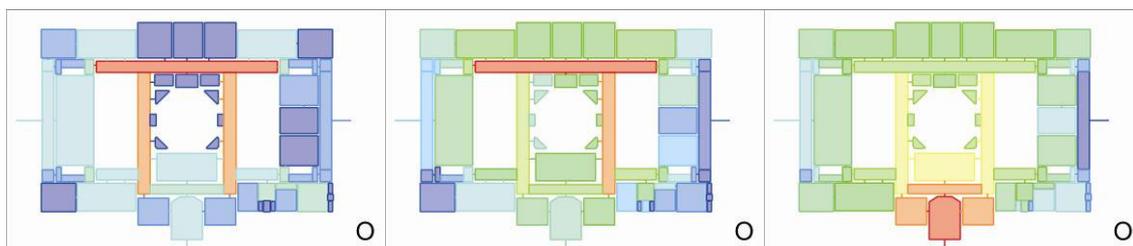


Figura 34 - situação original : conectividade, integração e profundidade convexa

Na situação de projeto a conectividade média é de 2,80 conexões por espaço, e o desvio padrão é de 1,58. A integração convexa média é de 1,11, com desvio padrão de 0,28. Os espaços mais conectados são também os mais integrados, conforme segue. A circulação oeste com 8 conexões tem integração 1,91, a circulação sul tem 7 conexões e integração 1,76 e a circulação norte apresenta 6 conexões e sua integração é 1,73. A profundidade média a partir do

acesso é de 4,33 passos sintáticos, com um desvio padrão de 1,81. O espaço mais profundo fica atrás da escada nordeste (8 passos).

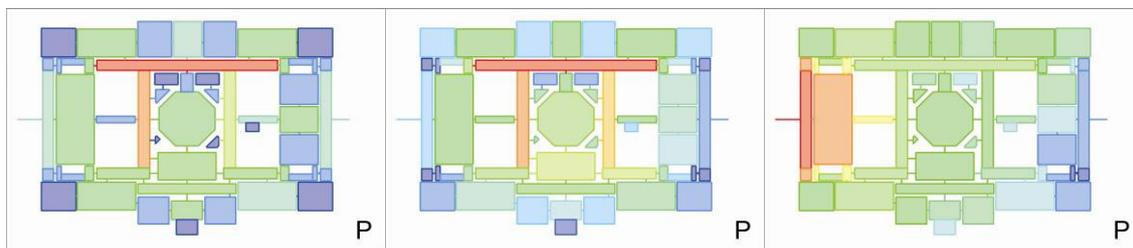


Figura 35 - situação de projeto : conectividade, integração e profundidade convexa

Na situação de uso a conectividade média é de 2,32 conexões, com um desvio padrão de 1,35. Os espaços mais conectados são as circulações sul, leste e oeste, todas com 7 conexões. A integração convexa média de 0,85, o desvio padrão é 0,24 e os espaços mais integrados são as circulações norte (1,51), oeste (1,48) e leste (1,34). A profundidade média a partir do acesso é de 5,29 passos sintáticos, com um desvio padrão de 2,12. Os espaços mais profundos estão nas extremidades leste e oeste das salas de exposição ao norte (10 passos).

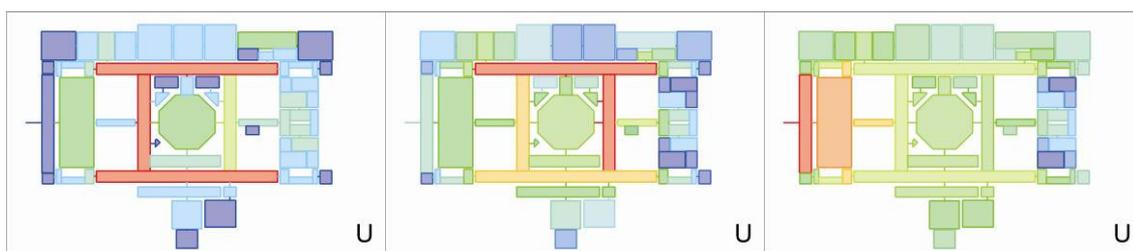


Figura 36 - situação de uso : conectividade, integração e profundidade convexa

Os resultados dos mapas convexos apontaram na situação de projeto os maiores valores para a conectividade. Nas situações original e de uso a conectividade média foi bastante similar, mas com um desvio padrão maior na primeira. Assim a situação original apresentou uma maior irregularidade na quantidade de conexões entre espaços convexos. Enquanto as circulações em torno do octógono central possuem muitas conexões, os demais espaços do pavimento possuem poucas, a exemplo das salas de exposição ao norte e no centro do lado leste, com uma conexão apenas. Já nas situações de projeto e uso a diferença entre a quantidade de conexões dos espaços de circulação e dos demais é menos expressiva, e a quantidade de espaços de uma conexão apenas é menor.

A integração convexa foi maior na situação de projeto e menor na situação de uso, com desvios bastante similares. Isso demonstra que enquanto a reformulação da pinacoteca diminuiu a distância relativa entre os espaços, a montagem de exposições aumentou novamente essa distância. Mas apesar de na situação de uso os valores de integração serem os menores, pode-se identificar um

núcleo de integração claramente definido em torno do octógono central, enquanto nas situações original e de projeto esse núcleo é menos definido.

A profundidade do acesso por sua vez foi bastante similar nas situações original e de projeto, com média e desvio padrão menores do que na situação de uso. Assim nas situações original e de projeto a distância a partir do acesso é menor, com mais espaços localizados a uma distância média do acesso. Já na situação de uso a profundidade média é maior, com espaços distribuídos ao longo de cada nível de profundidade.

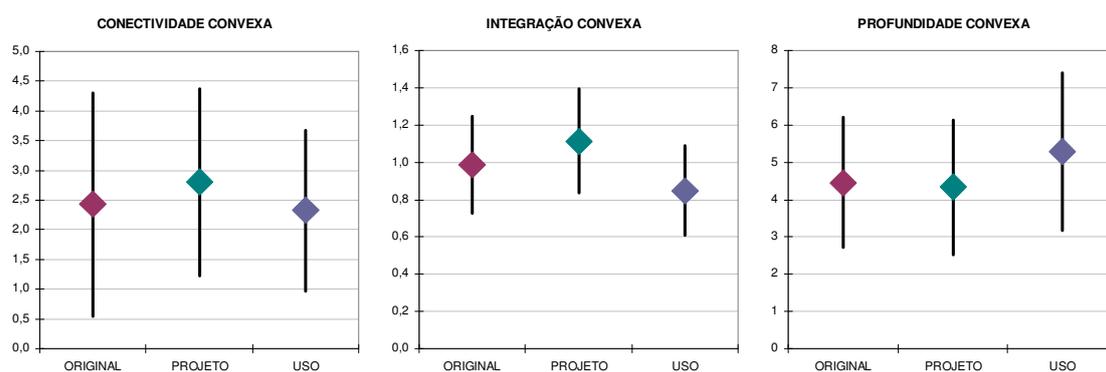


Figura 37 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexas

As propriedades convexas das três situações de análise demonstram que a estruturação espacial da Pinacoteca é maior na situação de uso e menor na situação de projeto. Enquanto a baixa conectividade da situação de uso representa menos alternativas de percurso entre os espaços, a baixa integração convexa e a elevada profundidade tendem à assimetria, que corresponde a seqüências mais longas de espaços justapostos. Na situação de projeto, por outro lado, a maior conectividade indica mais alternativas de percurso, e a integração convexa maior associada a uma profundidade menor tendem à simetria, correspondendo a seqüências espaciais mais curtas. E na situação original a estruturação espacial se caracterizou por menos alternativas de percurso, distribuídas de modo irregular ao longo do pavimento. A seqüência espacial da situação original ficou entre os extremos da situação de projeto, mais simétrica, e da situação de uso, mais assimétrica.

### 3.1.2. Mapas Axiais

Na análise com mapas axiais a conectividade média da situação original é de 6,49 conexões com um desvio padrão de 4,18. A integração axial média é de 2,29 e o desvio padrão 0,68. Os eixos mais conectados são também os mais integrados,

conforme segue. A circulação leste apresenta 17 conexões, a circulação oeste 16, a circulação sul 14 e a circulação norte 13 conexões. A linha de maior integração axial é a circulação leste (4,35), seguida da circulação norte (3,79), da circulação oeste (3,56) e da circulação sul (3,46). A profundidade axial média a partir do acesso é de 2,34 passos sintáticos, com desvio padrão de 1,00. Os eixos mais profundos são as que dão acesso às três salas de exposição centrais no lado leste do prédio (4 passos).

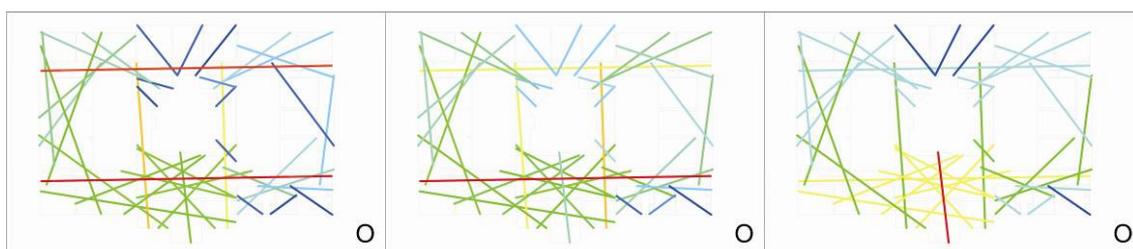


Figura 38 - situação original : conectividade, integração e profundidade axial

Na situação de projeto a conectividade média dos eixos é de 7,27 conexões por linha, e o desvio padrão é 4,05. Os eixos mais conectados correspondem à circulação leste, com 18 conexões, seguida da circulação sul com 14 e da circulação norte com 12 conexões. A integração axial média é de 2,58 com um desvio padrão de 0,85. As linhas mais integradas são a circulação leste (5,31), seguida da circulação sul (3,86) e da circulação oeste (3,69). A profundidade sintática média a partir do acesso é de 1,73 passos, com um desvio padrão de 0,62. Os eixos mais profundos dão acesso aos sanitários, no centro do prédio (3 passos).

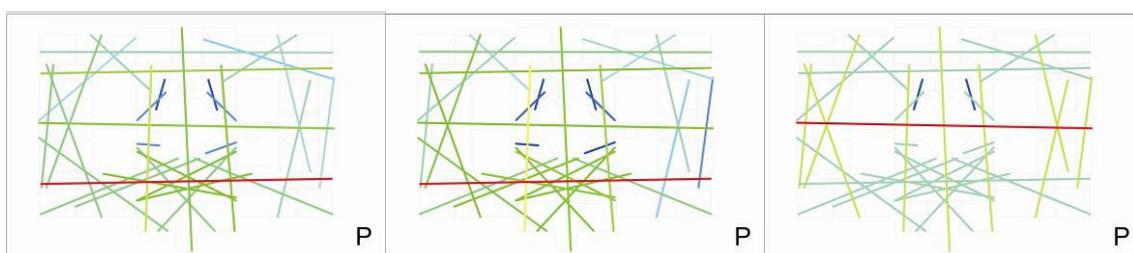
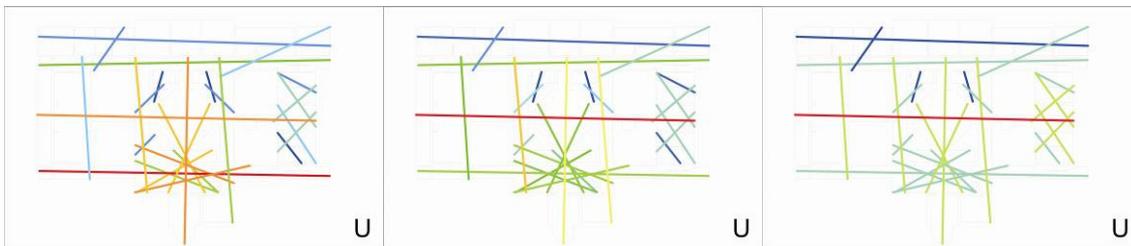


Figura 39 - situação de projeto : conectividade, integração e profundidade axial

Na situação de uso a conectividade média dos eixos é de 5,36 conexões por linha e o desvio padrão 3,41. As linhas mais conectadas são o eixo leste com 11 conexões, seguido do eixo central, da circulação central, e de duas linhas cruzando o eixo leste, todos com 10 conexões. A integração axial média é de 1,79 com desvio padrão de 0,60. Os eixos mais integrados são o eixo central (3,14), a circulação sul (2,75), a circulação norte (2,64) e a circulação central (2,54). A profundidade média a partir do acesso é de 1,71 passos, com desvio padrão de 0,75. As linhas mais profundas são o eixo das salas de exposição a oeste, além de

seu acesso e dos eixos que dão acesso aos sanitários, todas com 3 passos sintáticos.



**Figura 40 - situação de uso : conectividade, integração e profundidade axial**

Na análise com mapas axiais a maior conectividade é na situação de projeto, e a menor na situação de uso. Entretanto o desvio padrão é menor na situação de uso que nas demais situações de análise. Assim podemos observar nas situações original e de projeto uma maior variação na conectividade dos eixos, com destaque para os eixos de circulação leste e oeste. Já na situação de uso o número de conexões por eixo é mais uniforme.

A integração axial foi também maior na situação de projeto e menor na situação de uso. Entretanto o desvio padrão foi maior na situação de projeto, destacando a circulação oeste em relação aos demais eixos. Na situação original as circulações em torno do átrio central formam um núcleo de integração mais definido, e na situação de uso o eixo central e as circulações que ele cruza formam um núcleo bastante integrado.

A profundidade média a partir do acesso foi maior na situação original, e bastante semelhante nas demais situações. Já o desvio padrão foi maior nas situações original e de uso. Assim a situação original se caracteriza por uma maior profundidade a partir do acesso, com uma distribuição mais uniforme de eixos em cada nível sintático. A situação de projeto tem menor profundidade, com mais eixos nos níveis de profundidade médios. E a situação de uso é tão profunda quanto a situação de projeto, mas com uma quantidade de eixos mais uniforme ao longo dos sucessivos passos sintáticos.

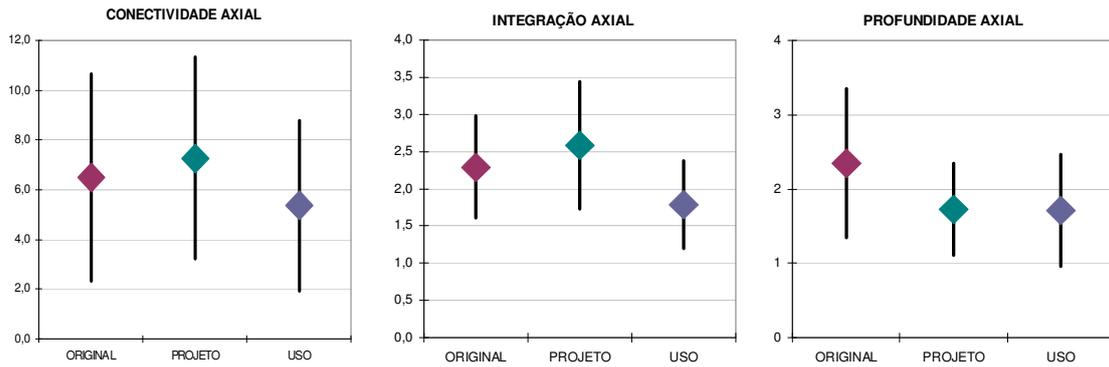


Figura 41 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axiais

A análise axial da Pinacoteca confirma os resultados encontrados na análise convexa, com o maior nível de estruturação espacial na situação de uso e o menor na situação de projeto. Na situação de uso a baixa conectividade dos eixos representa uma quantidade menor de direções alternativas ao longo de cada eixo de deslocamento. A integração menor indica tendência à assimetria, com maior quantidade direções de deslocamento sucessivas sem rotas alternativas. Na situação de projeto existem mais rotas alternativas ao longo de cada eixo, e as seqüências de direções sucessivas são relativamente. A situação original apresentou novamente uma estruturação espacial intermediária entre as situações de projeto e de uso. Apesar de ter apresentado resultados semelhantes, a diferença entre as descrições convexa e axial está na amplitude das propriedades sintáticas. Enquanto a conectividade convexa média estava em torno de 2,5 conexões por espaço, a conectividade axial média gira em torno de 6 conexões por eixo. A descrição através de eixos forma um sistema muito mais integrado, em que os valores médios de integração axial são aproximadamente o dobro dos de integração convexa. O sistema axial também é menos profundo, com a metade da profundidade axial média em relação à convexa.

### 3.2. Movimento de Visitantes

Seguem os resultados da análise do movimento dos visitantes da Pinacoteca obtidos através da simulação com agentes computacionais e com a amostragem feita no local.

### 3.2.1. Simulação Computacional

Os resultados da simulação com agentes computacionais do movimento dos visitantes da pinacoteca são os seguintes. Na quantificação ponto a ponto, a situação original apresentou contagem média de 10,92 agentes por ponto, com um desvio padrão de 10,36 agentes. Os locais mais percorridos incluem a circulação leste, boa parte da circulação oeste, trechos das circulações norte e sul, a região central das salas sul, além de outros pontos dispersos na ligação entre salas. Nesses locais, correspondentes a 40% dos pontos da malha, o movimento médio é de 20,89 agentes por ponto. Enquanto os locais não visitados representam 7% dos pontos, a média de passagem nos 53% restantes do pavimento é de 4,71 agentes por ponto. Na quantificação por espaço, a média da contagem foi de 13,95 agentes por espaço, com desvio padrão de 21,65. Os espaços mais percorridos tiveram uma média de 37,75 agentes, com destaque para a recepção, a sala de exposição ao sul a circulação oeste. Os espaços menos percorridos tiveram uma média de 3,99 agentes por espaço.

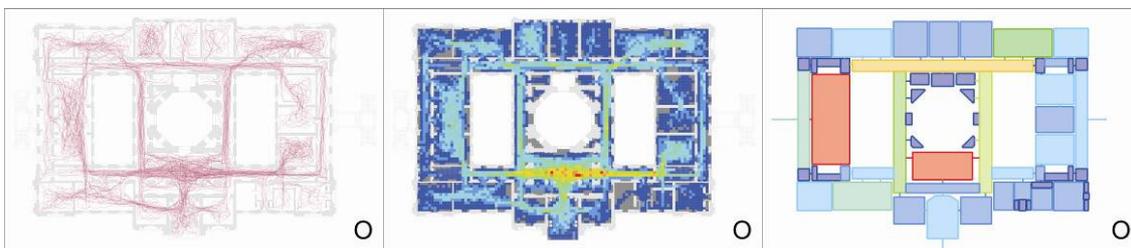
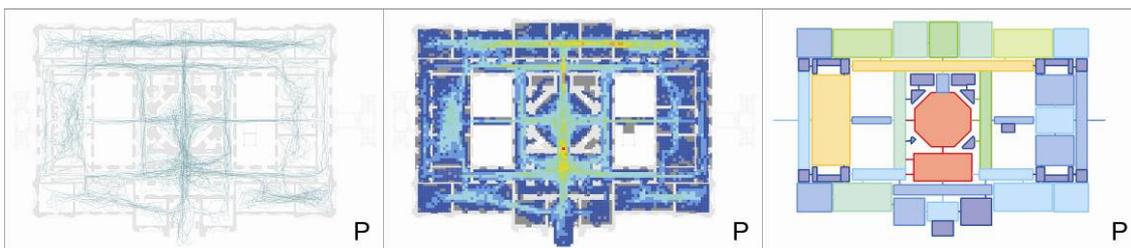


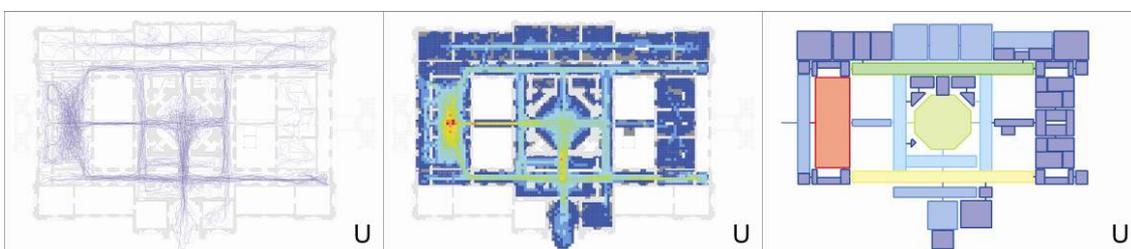
Figura 42 - situação original : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço

Seguem os resultados da situação de projeto obtidos utilizando-se ambas as técnicas. Na quantificação ponto a ponto a contagem média é de 8,37 agentes, com um desvio padrão de 8,75. Os locais mais percorridos incluem a circulação transversal central, o eixo entre as salas oeste e a circulação oeste. Com uma passagem média de 17,55 agentes, esses pontos correspondem a 37% da malha. Os locais não visitados representam 13% dos pontos da malha, e nos 50% restantes a contagem média é de 3,74 agentes. Na quantificação por espaço convexo a situação de projeto apresentou contagem média de 14,04 agentes por espaço, com desvio padrão de 19,36. Entre os espaços mais percorridos estão o trecho central da circulação leste e o octógono central. A média dos espaços mais percorridos é de 34,94, e dos menos visitados 3,88 agentes por espaço.



**Figura 43** - situação de projeto : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço

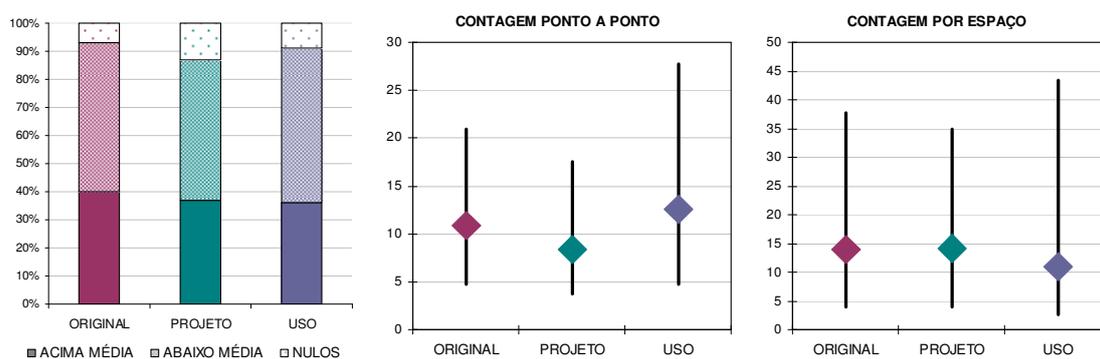
Na situação de uso os resultados da simulação com agentes são os seguintes. Na quantificação ponto a ponto, a passagem média é de 12,55 agentes por ponto, com desvio padrão de 13,87. Os locais mais percorridos são a região central do espaço de recepção, a circulação leste, o trecho leste da circulação central e o trecho sul da circulação longitudinal central, representando 36% dos pontos do pavimento. Nos locais mais visitados a passagem média é de 27,76 agentes por ponto. Enquanto 9% dos pontos não são percorridos, nos demais 55% dos pontos o movimento médio é de 4,81 agentes. Na quantificação por espaço convexo, o valor médio da contagem é de 10,60 agentes por espaço, com desvio padrão de 23,63. Os espaços mais percorridos tiveram média de 43,48 e incluem a recepção e a circulação leste. Já os espaços menos percorridos tiveram uma média de 2,71 agentes.



**Figura 44** - situação de uso : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço

Os resultados do movimento simulado com agentes indicaram na contagem ponto a ponto que a situação de uso teve a maior média e o maior desvio padrão. Portanto a situação de uso teve a distribuição mais irregular de agentes, com uma concentração do movimento nas áreas de circulação e no espaço de recepção, e um movimento inexpressivo nas salas de exposição ao norte e a leste. A situação de projeto, por outro lado, teve a menor média e também o menor desvio. O movimento de agentes da situação de projeto foi portanto mais distribuído ao longo de todo o pavimento, não apenas nos espaços de circulação, mas também nos de exposição do lado oeste. A situação original por sua vez teve uma distribuição relativamente uniforme do movimento de agentes, com movimentação maior nas áreas de recepção e circulação em detrimento de algumas áreas de exposição.

Na contagem por espaço convexo, por outro lado, a situação de uso teve a menor média, e situação de projeto ficou levemente acima da situação original. Entretanto o desvio padrão acompanhou o desvio da contagem ponto a ponto, com o maior desvio na situação de uso, e o menor na de projeto. Assim a situação de uso teve a menor movimentação de agentes, distribuída de modo bastante irregular ao longo dos espaços do pavimento. A situação original teve um resultado também relativamente irregular, mas com uma movimentação maior de agentes nos espaços. E a situação de projeto apresentou a maior movimentação, mais bem distribuída ao longo de todos os espaços do pavimento.



**Figura 45** - comparação movimento de agentes : proporção contagem ponto a ponto, médias ponto a ponto, médias contagem absoluta por espaço

### 3.2.2. Amostragem

A quantificação instantânea de pessoas em movimento, paradas e sentadas foi realizada em seis horários ao longo do dia: 13:00, 13:20, 15:10, 15:30, 16:20 e 17:30. Calculada a média das seis amostragens, a contagem instantânea apresenta os seguintes resultados. A quantidade média de pessoas andando é de 4,33 pessoas em movimento por espaço analisado, com um desvio padrão de 2,14. Os maiores valores são para a circulação leste, com 9,33 pessoas andando, seguidas de duas salas de exposição no lado oeste do pavimento, com 8,00 e 7,50 pessoas em movimento. Os espaços com a menor contagem de pessoas andando são também duas salas de exposição, uma no lado oeste e outra no lado norte do prédio, respectivamente com 1,33 e 1,67 pessoas andando. A contagem de pessoas paradas é na média de 4,39 pessoas por espaço, com desvio padrão de 2,16. Os espaços com os maiores valores são as salas de exposição central norte e no extremo sudoeste, com 9,00 e 8,50 pessoas paradas. Os menores valores ocorrem nas passarelas dos pátios sul e norte, respectivamente com 1,00 e 1,17 pessoas paradas. A quantidade média de pessoas sentadas é de 0,50 pessoas por espaço analisado e o desvio padrão é 1,25. Como essa contagem depende da existência de

bancos, há pessoas sentadas apenas em três espaços. No espaço de recepção a média é de 4,67 pessoas sentadas, no eixo oeste 2,83 e na circulação sul 2,50 pessoas sentadas.

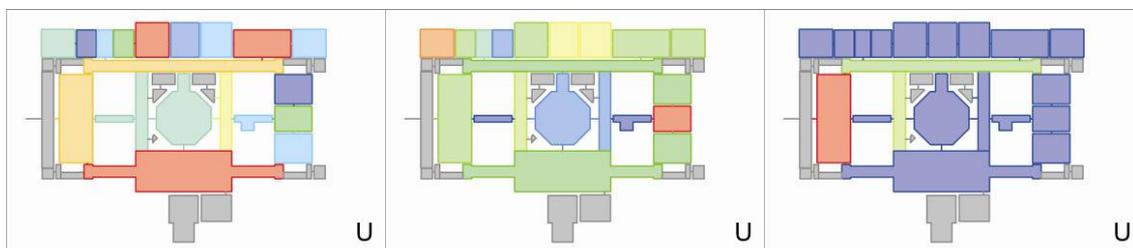


Figura 46 - quantificação instantânea: pessoas andando, paradas e sentadas

A seguir serão apresentados os resultados da quantificação da passagem de pessoas através dos 'portais'. A primeira medição foi realizada entre 14:00 e 15:00, e a segunda entre 16:00 e 17:00. Considerando ambos os sentidos de passagem, o fluxo médio é de 2,03 pessoas por minuto em cada portal, com desvio padrão de 1,04. Analisando cada sentido de passagem independentemente o fluxo médio é de 2,03 com desvio padrão de 1,29, estando os maiores valores sobre a circulação longitudinal central, no sentido sul-norte. Os 'portais' de entrada e saída do conjunto das salas de exposição oeste apresentam valores nulos nos sentidos restritos pela definição do percurso de visitação daquelas salas. Os menores valores incluem também o 'portal' junto ao elevador secundário, cujo movimento foi de 0,20 pessoas por minuto em ambos os sentidos. Segue o fluxo total de pessoas que percorrem cada espaço em um minuto, correspondendo à população de cada espaço analisado. A passagem média é de 4,80 pessoas por espaço e o desvio padrão é 3,09. Os espaços mais visitados são as circulações sul e norte, com a passagem de 12,55 e 12,28 pessoas por minuto, seguidas do espaço de recepção, com fluxo de 10,70. O local menos percorrido é o espaço de acesso do elevador, com fluxo de 0,20 pessoas, seguido dos sanitários masculino e feminino, respectivamente com 0,68 e 0,88 pessoas por minuto.

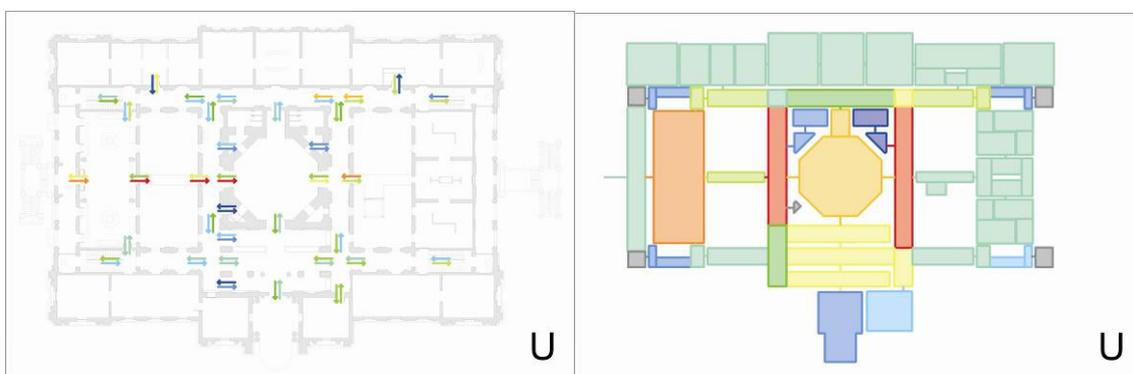


Figura 47 - quantificação em portais : fluxo em cada portal, fluxo total por espaço

Combinando-se os valores obtidos com os dois métodos de quantificação, obtêm-se quantidades parciais por minuto de pessoas andando, paradas e sentadas em cada espaço analisado. A quantidade média de pessoas em movimento é de 3,24 pessoas andando por minuto, com desvio padrão de 2,11. Os maiores valores ocorrem na circulação norte (9,26), no octógono central (6,89) e na passarela do pátio sul (6,29). Os menores valores de pessoas em movimento estão nas duas salas de exposição no extremo sudoeste, com 0,71 e 0,99 pessoas andando por minuto. O valor médio de pessoas paradas por minuto é de 2,22 pessoas com desvio padrão de 0,71. A maior quantidade de pessoas paradas está na circulação sul (3,96), seguida do octógono central (3,16), da recepção (3,10) e da circulação norte (3,01). O valor médio de pessoas sentadas por minuto é de 0,44 com desvio padrão de 0,92. Os maiores valores estão para a circulação sul (3,74) e na recepção (2,80).

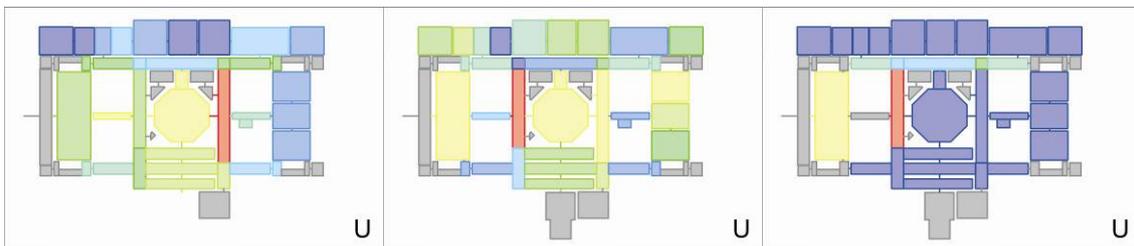


Figura 48 - estado de movimento : pessoas andando, paradas e sentadas por minuto

Comparando o fluxo observado de pessoas com o movimento de agentes medido ponto a ponto a correlação é baixa, com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,19. Na contagem por espaço a correlação entre o movimento de agentes é um pouco melhor, com coeficiente de determinação de ( $R^2$ ) 0,34. Apesar da correlação baixa, a amostragem no local acompanha o padrão de movimento observado na simulação computacional, em que os espaços de recepção e circulação têm uma movimentação maior de visitantes em relação às salas de exposição.

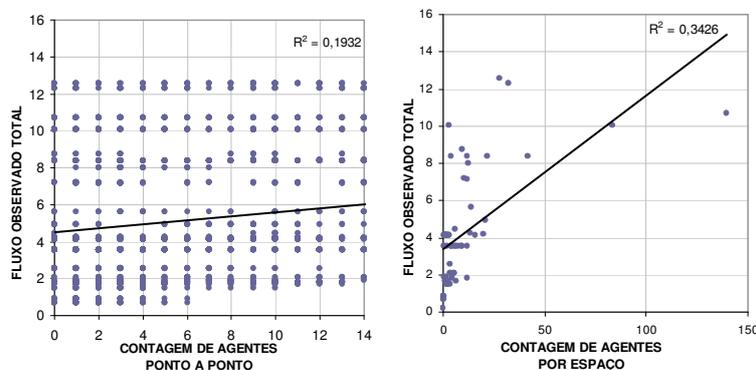


Figura 49 - correlação fluxo observado e contagem de agentes

### 3.3. Inteligibilidade

Seguem os resultados da análise da informação visual disponível na pinacoteca, da relação entre as características configuracionais locais e globais, e da inteligibilidade das alternativas de percurso a partir do acesso.

#### 3.3.1. Informação Visual

Na análise utilizando isovistas os resultados do pavimento de acesso na situação original são os seguintes. A área média das isovistas é de 156,40, com um desvio padrão de 87,50. As maiores isovistas se localizam no centro do espaço de recepção. O perímetro médio é de 127,12 com um desvio padrão de 72,49. As isovistas com maior perímetro estão distribuídas ao longo da circulação leste. A oclusividade média é de 77,60 com um desvio padrão de 55,88. As isovistas com maior oclusividade são também as de maior perímetro. A circularidade média é de 0,19 com desvio padrão de 0,15. As isovistas maiores regulares localizam-se nas salas de exposição ao centro do lado oeste do prédio e em uma sala ao norte.

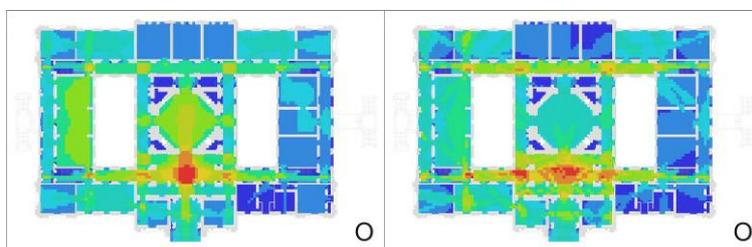


Figura 50 - situação original : área, perímetro de isovistas

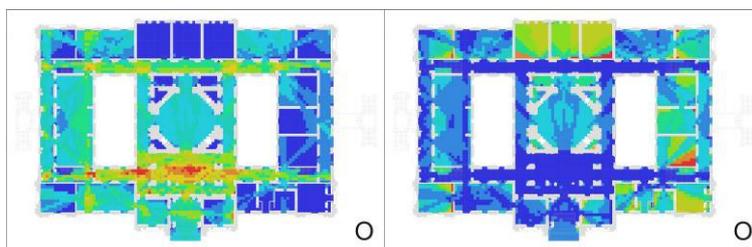


Figura 51 - situação original : oclusividade, circularidade de isovistas

Na situação de projeto as propriedades das isovistas são as seguintes. A área média é de 217,09, com um desvio padrão de 104,06. As maiores isovistas se localizam sobre a circulação transversal central, no setor sul da circulação leste, na passarela do pátio sul e em local inacessível desse pátio. O perímetro médio é de 197,87 com um desvio padrão de 94,65. A oclusividade média é de 139,39 com um desvio padrão de 77,24. As isovistas com maior perímetro são também as com

maior oclusividade, distribuídas sobre a circulação transversal central, o setor sul da circulação leste, e o pátio sul. A circularidade média é de 0,10 com desvio padrão de 0,09. As isovistas maiores regulares localizam-se nas salas de exposição nas quatro extremidades do prédio.

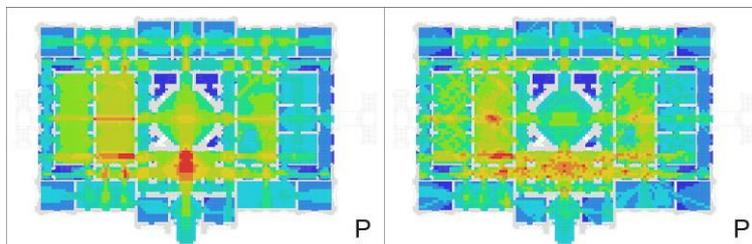


Figura 52 - situação de projeto : área, perímetro de isovistas

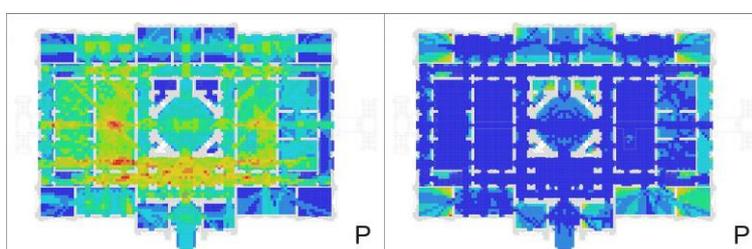


Figura 53 - situação de projeto : oclusividade, circularidade de isovistas

Seguem as propriedades das isovistas na situação de uso. A área média é de 188,69, com um desvio padrão de 98,96. As maiores isovistas se localizam na passarela do pátio sul e em trechos da circulação leste. O perímetro médio é de 168,93 com um desvio padrão de 81,13. A oclusividade média é de 113,24 com um desvio padrão de 62,47. As isovistas com maior perímetro são também as com maior oclusividade, distribuídas sobre as três circulações longitudinais: central, leste e oeste. A circularidade média é de 0,12 com desvio padrão de 0,11. As isovistas maiores regulares localizam-se nas salas de exposição no lado oeste do prédio e na loja.

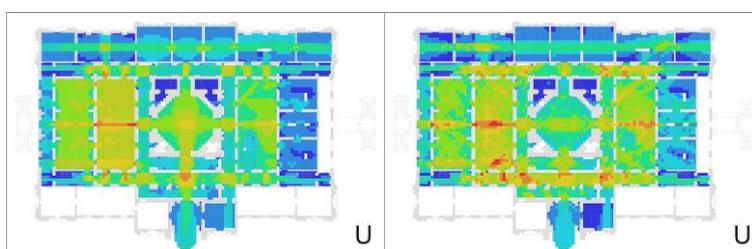


Figura 54 - situação de uso : área, perímetro de isovistas

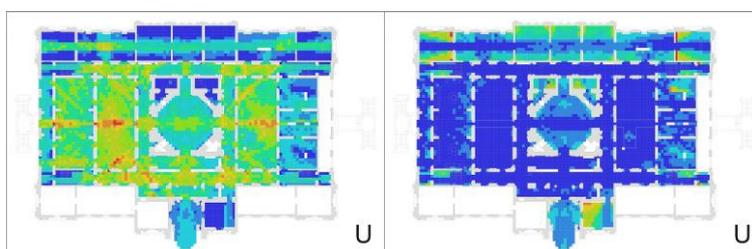


Figura 55 - situação de uso : oclusividade, circularidade de isovistas

A análise da informação visual utilizando isovistas demonstrou que os maiores valores de área, perímetro e oclusividade estão na situação de projeto. A situação original apresentou as menores médias para os mesmos atributos, e a situação de uso ficou com valores intermediários. O desvio padrão também foi maior na situação de projeto e menor na original. Isso significa que na situação de projeto existe mais informação visual disponível no ambiente, seja definindo limites espaciais, seja indicando aberturas entre espaços. Nas demais situações a quantidade de informação visual é menor e mais homogênea. A circularidade por sua vez apresentou o resultado inverso, com a maior média e desvio na situação original e os menores valores na situação de projeto. Assim na situação original as isovistas são mais compactas, portanto mais simples, mas com grande variação na sua complexidade de um lugar para outro. Na situação de projeto, por outro lado, as isovistas são mais complexas, mas com maior homogeneidade ao longo do pavimento. Já a situação de uso se aproxima da situação de projeto, mas com uma diminuição na quantidade e na complexidade da informação visual.

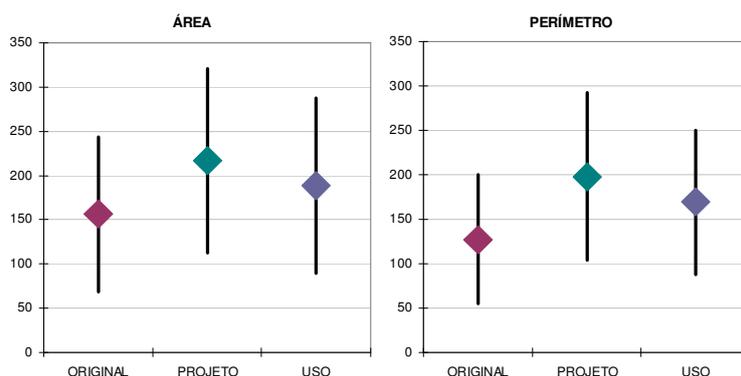


Figura 56 - comparação média e desvio padrão : área e perímetro de isovistas

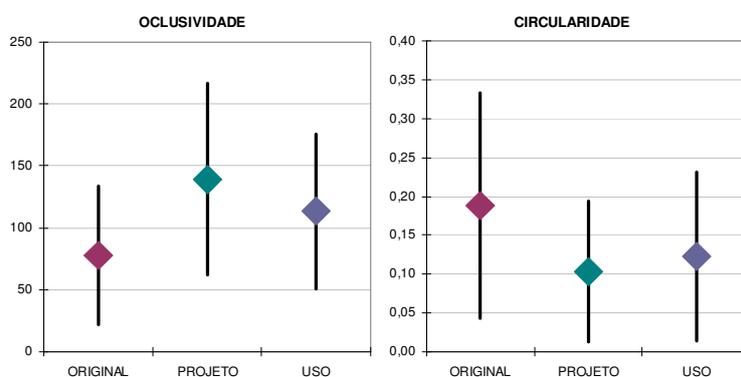


Figura 57 - comparação média e desvio padrão : oclusividade e circularidade de isovistas

Na análise com grafos de visibilidade as propriedades sintáticas do pavimento de acesso na situação original são as seguintes. A conectividade visual média é de 318,51 conexões, com um desvio padrão de 176,12. Os locais mais

visualmente conectados estão no espaço de recepção, e sobre o cruzamento da circulação leste com as circulações norte e sul. A integração visual média é de 5,10 com um desvio padrão de 1,11. Os locais mais visualmente integrados são os cruzamentos das circulações leste e oeste com as circulações norte e sul, seguidos dos espaços de acesso das escadas sudeste e sudoeste. A profundidade visual média a partir do acesso é de 2,72 passos sintáticos, com um desvio padrão de 1,03. O local mais profundo é uma sala de exposição no setor norte do prédio.

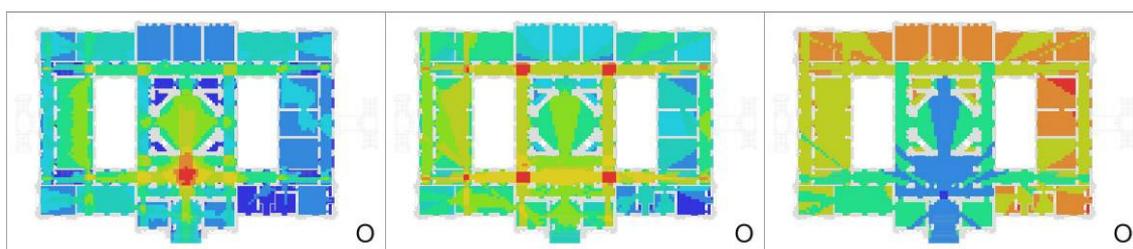


Figura 58 - situação original : conectividade, integração e profundidade visual

Seguem as propriedades do grafo de visibilidade na situação de projeto. A conectividade visual média é de 445,76 conexões por ponto, com desvio padrão de 213,55. Os locais mais visualmente conectados estão no espaço central e no trecho sul da circulação leste, na passarela do pátio sul, e num trecho inacessível do lado leste do pátio sul. A integração visual média é de 7,06, com um desvio padrão de 1,35. Os locais mais visualmente integrados estão sobre a circulação leste, no cruzamento com a circulação transversal central e junto aos pátios, nas passarelas, no centro do octógono, na circulação oeste junto aos pátios e em local inacessível do lado leste do pátio sul. A profundidade visual média a partir do acesso é de 2,04 passos, com um desvio padrão de 0,60. Os locais mais profundos são os sanitários no centro do prédio.

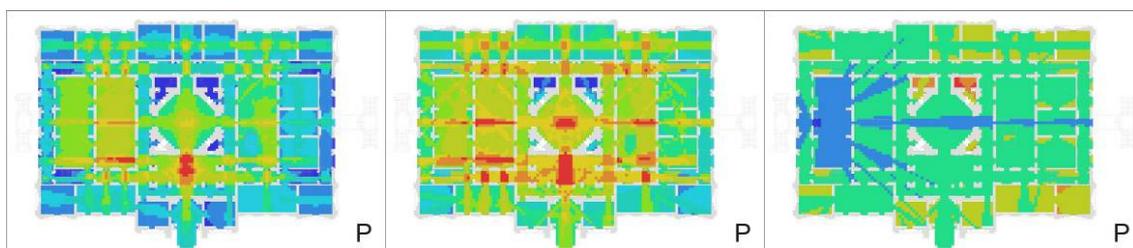


Figura 59 - situação de projeto : conectividade, integração e profundidade visual

Na situação de uso a conectividade visual média é de 386,48 conexões, com desvio padrão de 201,83. Os locais mais visualmente conectados estão na passarela do pátio sul, nas circulações leste e oeste junto às aberturas para o pátio sul, e no cruzamento da circulação leste com a circulação central. A integração visual média é de 5,93, com desvio padrão de 1,27. Os locais mais visualmente integrados são a passarela sul, as circulações leste e oeste junto às aberturas do

pátio sul, os trechos da circulação oeste junto ao pátio norte, a passarela norte e um trecho inacessível do lado leste do pátio sul. A profundidade visual média a partir do acesso é de 2,21 passos sintáticos, com um desvio padrão de 0,84. Os locais mais profundos são os sanitários e trechos das salas de exposição ao oeste.

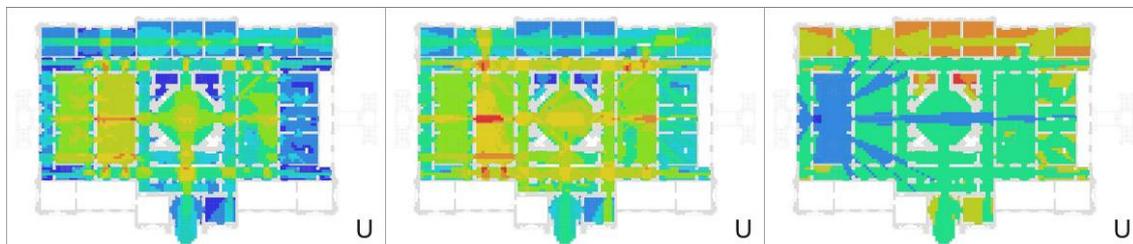


Figura 60 - situação de uso : conectividade, integração e profundidade visual

A análise com grafos de visibilidade indicou que os resultados da conectividade visual acompanharam aqueles da área das isovistas, com mais informação visual disponível na situação de projeto, seguida da de uso, e menos informação visual na situação de uso. Com relação à integração visual, os maiores valores foram na situação de projeto, e os menores na situação original, com um desvio padrão baixo nas três situações de análise. Assim a situação de projeto é visualmente mais integrada, ampliando o potencial de seus diferentes locais serem vistos ou percorridos. Na situação original o potencial dos locais serem vistos ou percorridos é relativamente menor. A profundidade visual, por sua vez, apresentou o resultado contrário, com a maior média e desvio na situação original, e a menor média e desvio na situação de projeto. Desse modo na situação original a quantidade de mudanças de direção para se visualizar todo o pavimento a partir do acesso é maior, com grande quantidade de locais mais distantes. Já na situação de projeto são necessárias menos mudanças de direção, com a maior parte do pavimento nas menores profundidades.

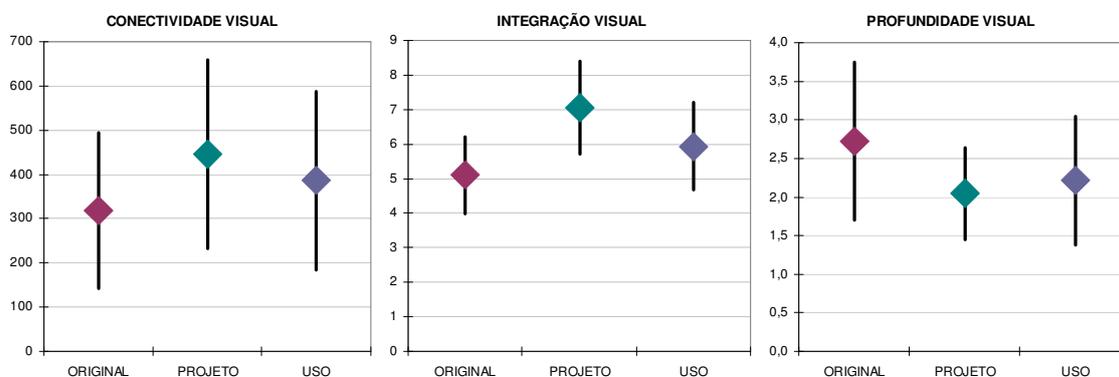


Figura 61 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade visuais

### 3.3.2. Inteligibilidade do Pavimento

Seguem os resultados da inteligibilidade do pavimento utilizando as propriedades sintáticas de mapas convexos, mapas axiais e grafos de visibilidade. Na situação original, a descrição através de mapas convexos apresentou as seguintes correlações. A integração convexa está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,55$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,38$ ). Da mesma forma a correlação da integração axial é maior com a conectividade ( $R^2=0,87$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,33$ ). Também na análise com grafos de visibilidade a integração visual está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,58$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,37$ ).

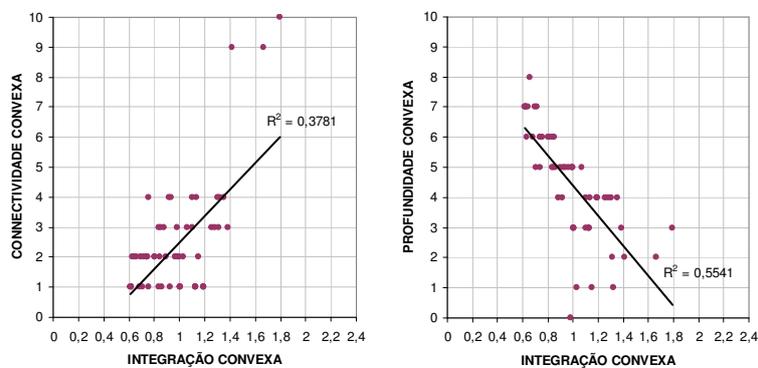


Figura 62 - situação original : inteligibilidade convexa

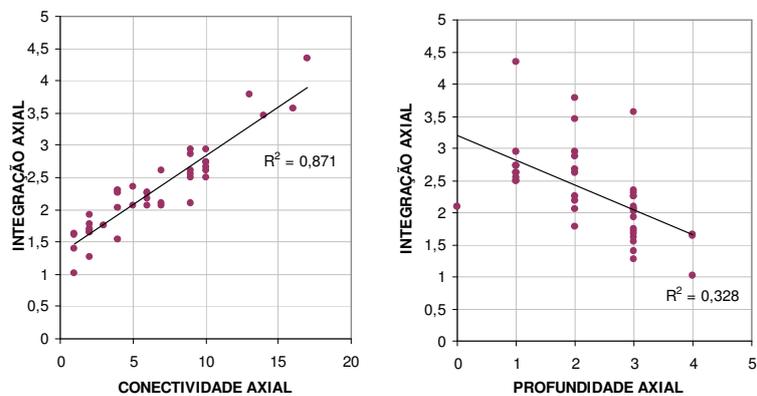


Figura 63 - situação original : inteligibilidade axial

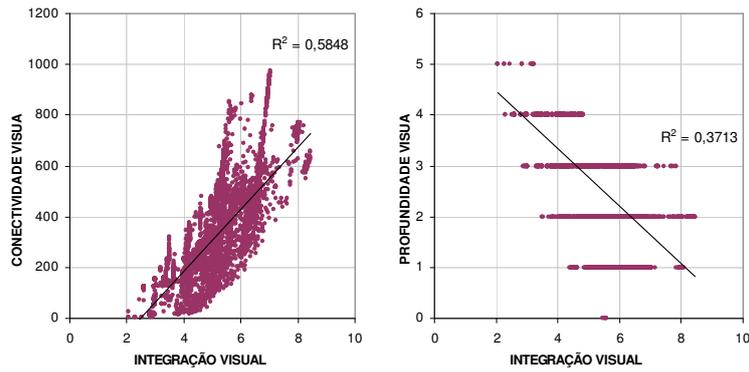


Figura 64 - situação original : inteligibilidade visual

Na situação de projeto a correlação da integração convexa com a conectividade ( $R^2=0,69$ ) foi muito maior do que com a profundidade, extremamente baixa ( $R^2=0,08$ ). Da mesma forma na análise com mapas axiais a integração axial está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,90$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,12$ ). A integração visual também está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,81$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,39$ ).

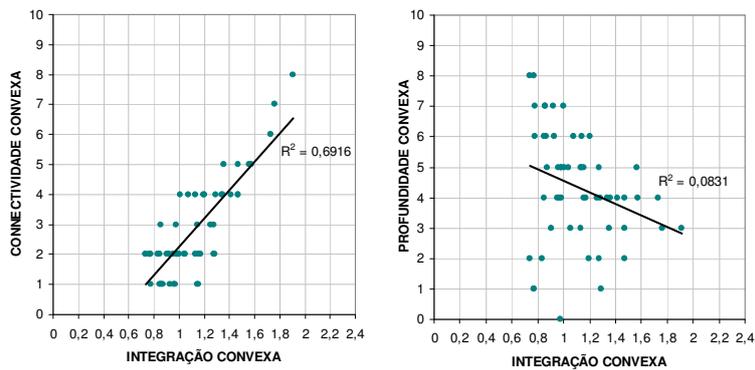


Figura 65 - situação de projeto : inteligibilidade convexa

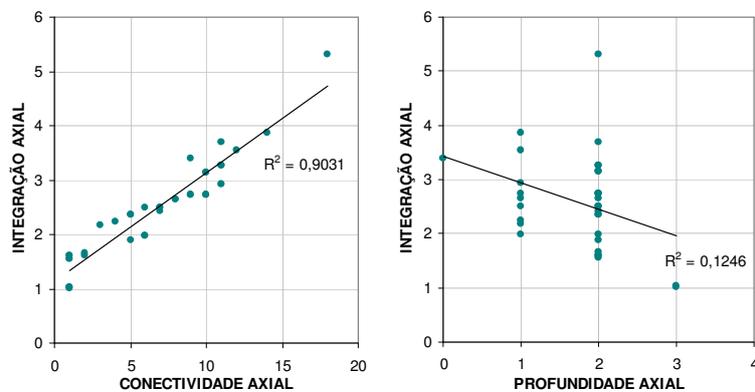


Figura 66 - situação de projeto : inteligibilidade axial

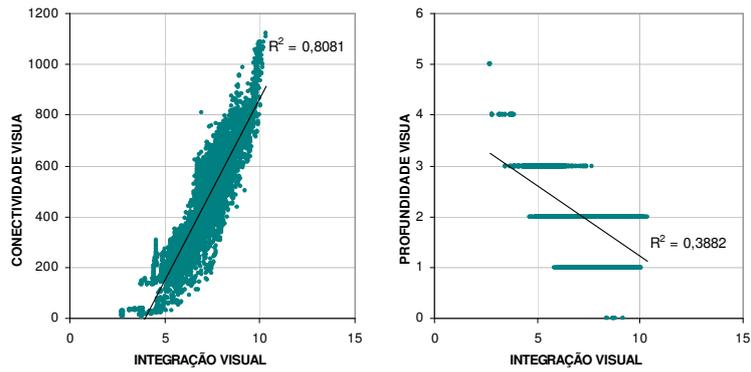


Figura 67 - situação de projeto : inteligibilidade visual

Na situação de uso, a correlação da integração convexa foi bastante parecida com a conectividade ( $R^2=0,46$ ) e com a profundidade ( $R^2=0,47$ ). A integração axial, por sua vez, está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,77$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,46$ ). Também na análise com grafos de visibilidade a integração visual está mais bem correlacionada com a conectividade ( $R^2=0,69$ ) do que com a profundidade ( $R^2=0,56$ ).

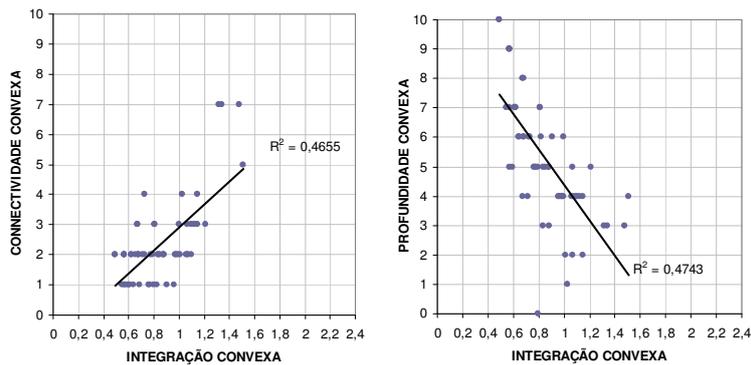


Figura 68 - situação de uso : inteligibilidade convexa

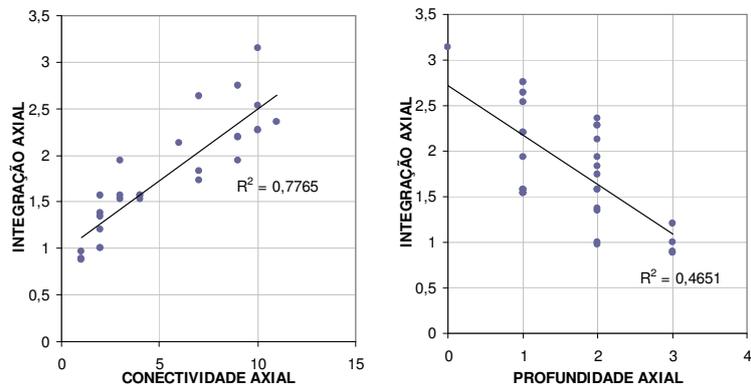


Figura 69 - situação de uso : inteligibilidade axial

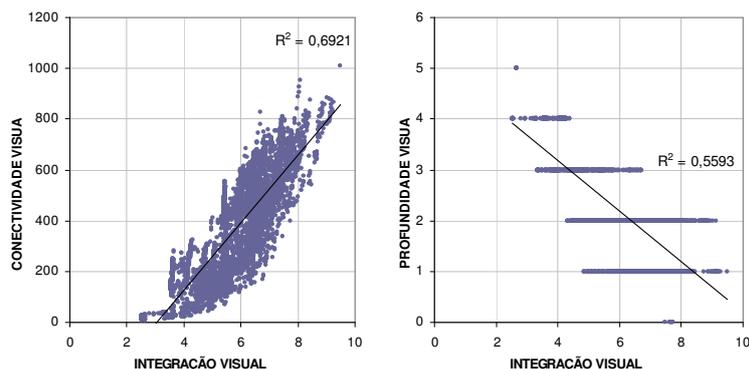


Figura 70 - situação de uso : inteligibilidade visual

A análise da inteligibilidade do pavimento utilizando mapas convexos indicou que a integração convexa está correlacionada tanto com a conectividade quanto com a profundidade do acesso. A correlação com a conectividade foi maior na situação de projeto e menor na situação original. Já a correlação com a profundidade do acesso apresentou o resultado inverso: maior na situação original e menor na de projeto. Em ambas as correlações o coeficiente de determinação da situação de uso foi intermediário. Assim na situação de projeto a quantidade de conexões dos espaços convexos é um bom indicativo das propriedades globais do pavimento. Já na situação original a profundidade sintática a partir do acesso representa melhor as características globais do pavimento. Na situação de uso tanto o número de conexões dos espaços quanto a sua profundidade sintática a partir do acesso determinam a inteligibilidade do pavimento.

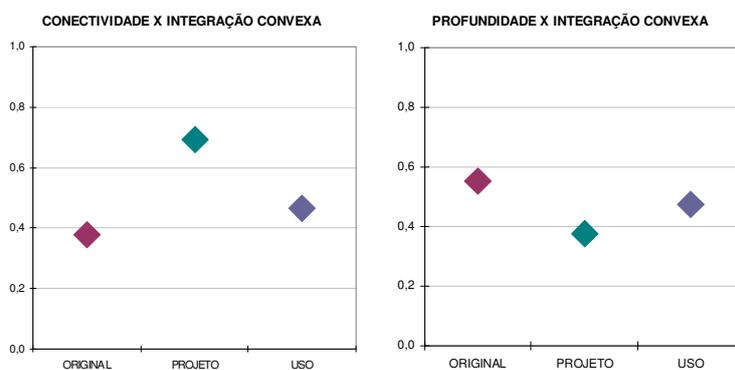


Figura 71 - comparação coeficiente de determinação ( $R^2$ ) : inteligibilidade convexa

Na análise com mapas axiais a correlação da integração axial foi muito maior com a conectividade do que com a profundidade. Na correlação com a conectividade axial o coeficiente de determinação foi maior na situação de projeto e menor na de uso. A situação original teve um coeficiente próximo ao da situação de projeto. Assim nas três situações de análise a quantidade de conexões de cada eixo é um bom indicativo da integração axial, sendo essa característica um pouco menos evidente na situação de uso. Já a correlação da profundidade axial com a

integração foi maior na situação de uso, e menor na de projeto. Desse modo na situação de uso a profundidade a partir do eixo de acesso está mais bem correlacionada às propriedades globais do pavimento que nas demais situações de análise. Assim, de uma maneira geral a inteligibilidade do pavimento está mais relacionada à quantidade de conexões de cada eixo de deslocamento do que à profundidade em relação ao acesso.

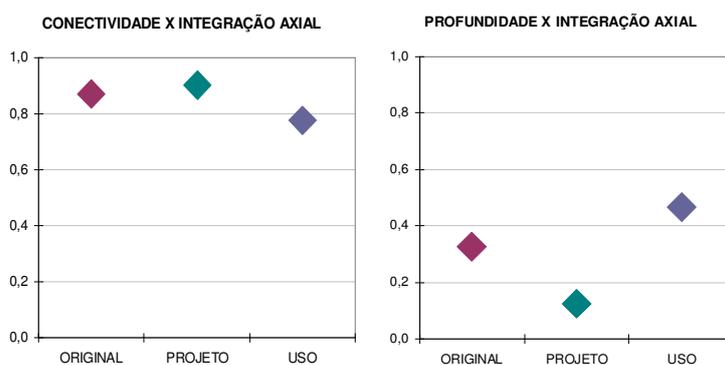


Figura 72 - comparação coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) : inteligibilidade axial

Por fim a análise da inteligibilidade do pavimento utilizando grafos de visibilidade revelou que as correlações da integração visual foram levemente melhores com a conectividade do que com a profundidade visual. Na correlação da integração visual com a conectividade o coeficiente de determinação da foi maior na situação de projeto e menor na original. Assim na situação de projeto a quantidade de espaço visível é um bom indicativo da integração visual do pavimento. A correlação com a profundidade visual por sua vez foi melhor na situação de uso. Os resultados das situações original e de projeto foram similares entre si e inferiores ao da situação de uso. Isto demonstra que na situação de uso a quantidade de direções para se visualizar os ambientes a partir do acesso é um bom indicativo das propriedades globais do pavimento.

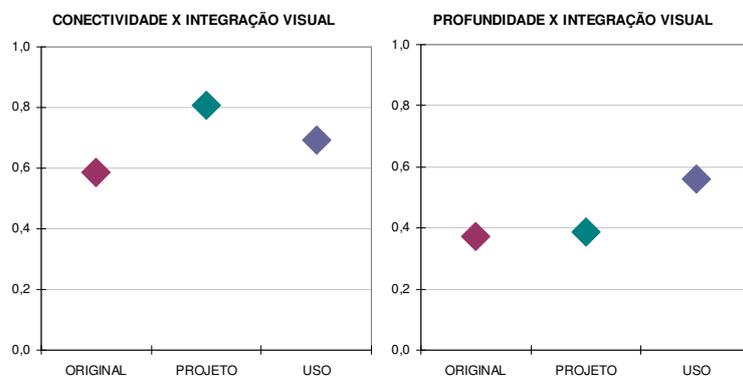


Figura 73 - comparação coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) : inteligibilidade visual

### 3.3.3. Inteligibilidade de Percursos

Seguem os resultados da análise dos percursos. Na situação original o caminho O1 permite a visualização de 47% da área do pavimento, 17% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 240,27, com desvio padrão de 86,63. O perímetro médio é de 200,85 e o desvio padrão é 65,11. A oclusividade média é 128,79 com desvio padrão de 49,25. E a circularidade média é de 0,09, com desvio padrão de 0,04. Na descrição convexa o caminho O1 é constituído de 8 espaços que apresentam conectividade média de 4,63 conexões, com desvio padrão de 3,16. A integração convexa média é de 1,32 com desvio padrão de 0,30. Na descrição axial o caminho O1 é constituído de 6 eixos, com conectividade média de 10,17 eixos e desvio padrão de 6,24. A integração axial média é de 3,01, com desvio padrão de 1,02.

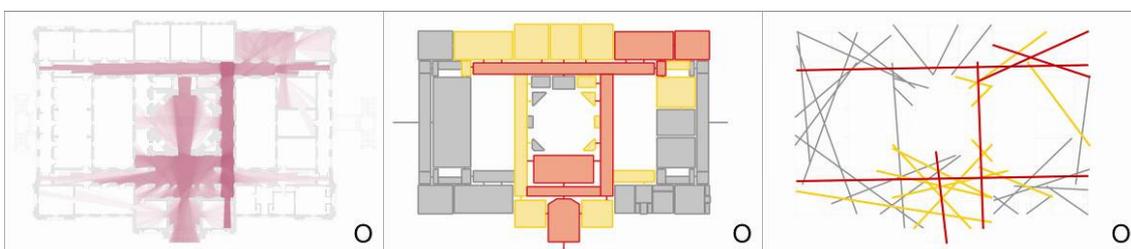


Figura 74 - situação original caminho O1 : isovistas, espaços convexos e eixos

O caminho O2 permite a visualização de 52% da área do pavimento sendo 13% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 251,47, com desvio padrão de 85,74. O perímetro médio é de 212,43 com desvio padrão de 68,39. A oclusividade média é 136,81 e o desvio padrão é de 49,47. A circularidade média é de 0,08, com desvio padrão de 0,03. Na descrição convexa o caminho O2 é constituído de 8 espaços com conectividade média de 4,75 conexões e desvio padrão de 3,01. A integração convexa média é de 1,31 com desvio padrão de 0,26. Na descrição axial o caminho O2 é constituído de 6 eixos, com conectividade média de 11,86 eixos e desvio padrão de 4,45. A integração axial média é de 3,11, com desvio padrão de 0,85.

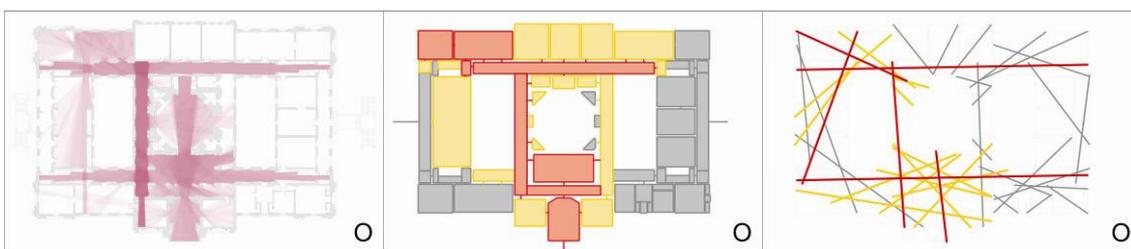
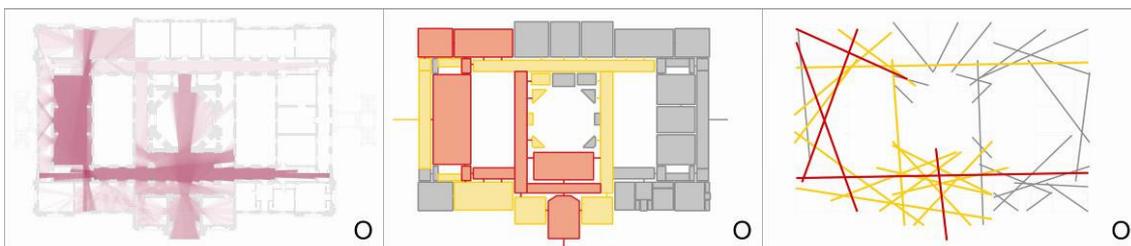


Figura 75 - situação original caminho O2 : isovistas, espaços convexos e eixos

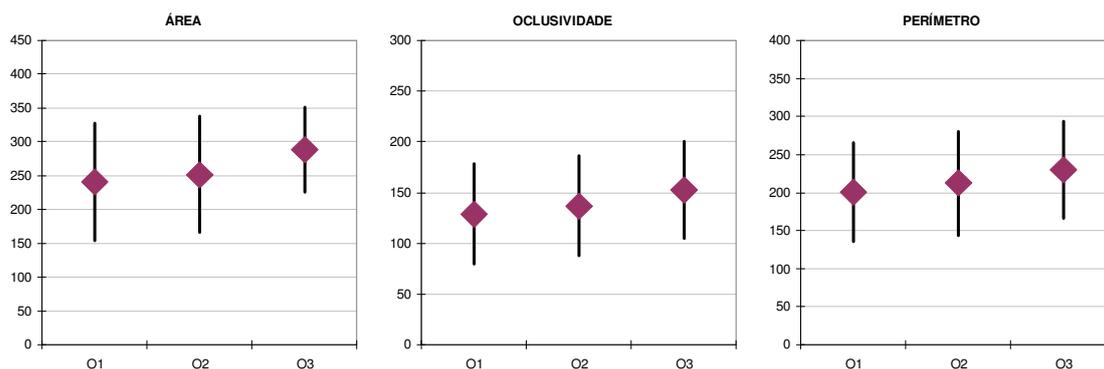
O caminho O3 por sua vez permite a visualização de 55% da área do pavimento, 19% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de

288,92, com desvio padrão de 62,93. O perímetro médio é de 229,44 e o desvio padrão é 63,92. A oclusividade média é 152,36 com desvio padrão de 47,90. E a circularidade média é de 0,08, com desvio padrão de 0,03. Na descrição convexa o caminho O3 é constituído de 10 espaços com conectividade média de 3,80 conexões e desvio padrão de 1,93. A integração convexa média é de 1,17 com desvio padrão de 0,18. Na descrição axial o caminho O3 é constituído de 5 eixos, com conectividade média de 10 eixos e desvio padrão de 4,12. A integração axial média é de 2,90, com desvio padrão de 0,89.



**Figura 76** - situação original caminho O3 : isovistas, espaços convexos e eixos

Na situação original os maiores valores de área, perímetro e oclusividade foram no percurso O3, através da circulação leste e da sala de exposição ao sul. Com desvio padrão baixo, o percurso O3 disponibiliza de forma relativamente regular uma maior quantidade de informação visual, sejam superfícies ou aberturas. Entretanto o desvio padrão da circularidade é mais expressivo, representando uma variação entre isovistas simples e complexas. O percurso O3 também apresenta maior permanência da informação visual dentre os caminhos analisados na situação original.



**Figura 77** - comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas

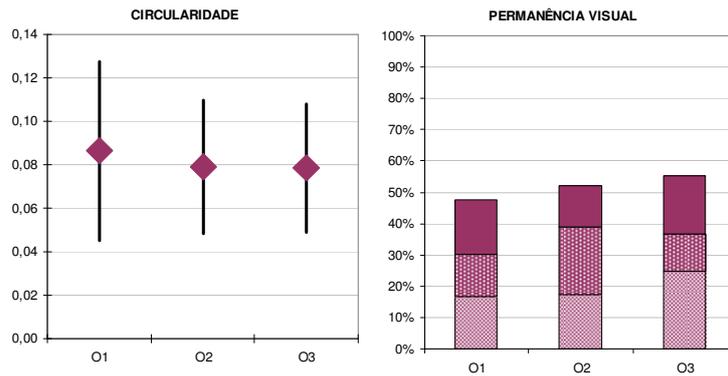


Figura 78 - comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual

Na análise com espaços convexos os caminhos O1 e O2 tiveram a maior conectividade, com um desvio padrão elevado, a maior integração convexa e a menor profundidade. Assim os caminhos O1 e O2, pelas circulações norte e sul, apresentaram mais conexões em espaços mais integrados, distribuídos de forma irregular ao longo de um percurso sintaticamente mais raso. O percurso P3, por sua vez, apresentou de modo mais uniforme espaços menos conectados e menos integrados, num percurso com mais passos sintáticos.

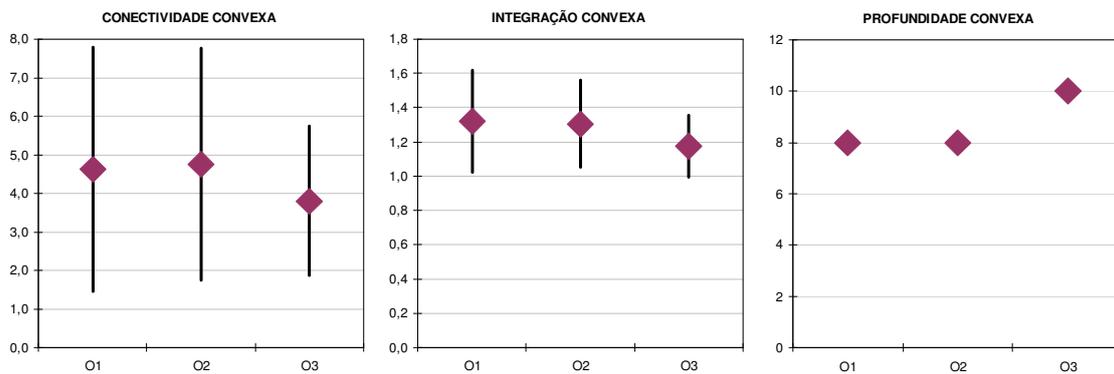


Figura 79 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa

Na análise utilizando mapas axiais o percurso O2 apresentou a maior conectividade média, com um grande desvio padrão. O caminho O1 foi menos conectado, mas com um desvio maior. A integração axial foi bastante similar nos três caminhos, com desvio considerável. A profundidade axial foi menor no percurso O3, e igual nos demais. Desse modo o percurso O2 apresentou uma maior quantidade de direções alternativas ao longo de mais direções de deslocamento. O percurso O1 apresentou a maior irregularidade no número de conexões por eixo. E o caminho O3 apresentou a menor quantidade direções de deslocamento ao longo do percurso.

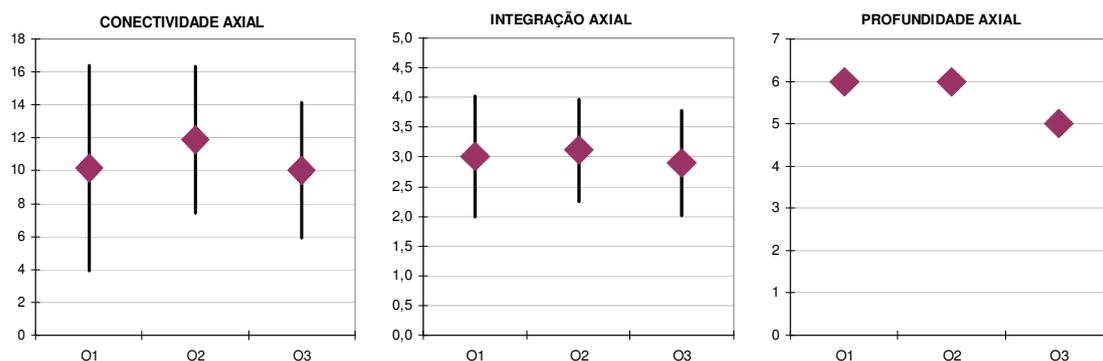


Figura 80 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial

A inteligibilidade dos percursos foi analisada combinando os resultados das isovistas, espaços convexos e eixos. O percurso O3 é o mais inteligível, pois disponibiliza de modo relativamente regular a maior quantidade de informação visual e permite a visitação de mais espaços ao longo de menos direções de deslocamento. O percurso O1 é o menos inteligível, pois disponibiliza menos informação de modo mais irregular, e percorre menos espaços em mais direções de deslocamento. Em termos de estruturação espacial, O percurso O3 é o mais estruturado, pois apresenta menor conectividade e menor integração, seja axial ou convexa. Portanto esse percurso combina menos rotas alternativas ao longo do percurso com uma elevada assimetria, ou seja, seqüências espaciais mais longas. Com maior conectividade e integração axial e convexa, o percurso O2 é o menos estruturado, apresentando mais alternativas de percurso em seqüências espaciais mais curtas.

Seguem os resultados dos percursos na situação de projeto. O caminho P1 permite a visualização de 60% da área do pavimento, 10% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 348,13, com desvio padrão de 78,69. O perímetro médio é de 293,22 com desvio padrão de 70,31. A oclusividade média é 219,41 e o desvio padrão é de 61,60. A circularidade média é de 0,06, com desvio padrão de 0,02. Na descrição convexa o caminho P1 é constituído de 9 espaços com conectividade média de 3,89 conexões e desvio padrão de 1,69. A integração convexa média é de 1,33 com desvio padrão de 0,22. Na descrição axial o caminho O2 é constituído de 2 eixos, com conectividade média de 6,50 eixos e desvio padrão de 3,54. A integração axial média é de 2,82, com desvio padrão de 0,82.

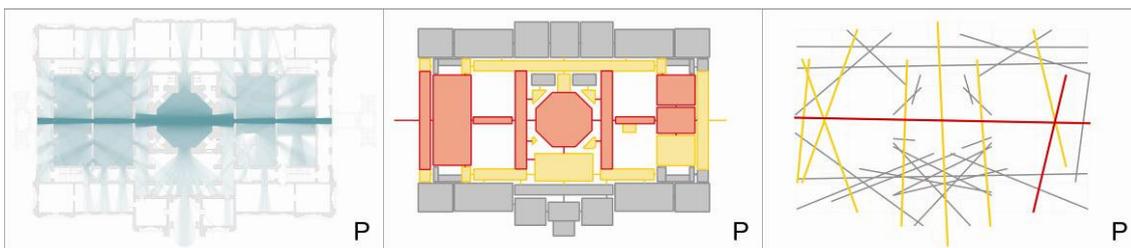


Figura 81 - situação de projeto caminho P1 : isovistas, espaços convexos e eixos

Já o caminho P2 permite a visualização de 61% da área do pavimento, 16% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 352,76, com desvio padrão de 64,08. O perímetro médio é de 344,83 e o desvio padrão é 55,11. A oclusividade média é 253,47 com desvio padrão de 45,13. E a circularidade média é de 0,04, com desvio padrão de 0,01. Na descrição convexa o caminho P2 é constituído de 7 espaços com conectividade média de 4,29 conexões e desvio padrão de 0,76. A integração convexa média é de 1,33 com desvio padrão de 0,22. Na descrição axial o caminho P2 é constituído de 3 eixos, com conectividade média de 12 eixos e desvio padrão de 5,20. A integração axial média é de 3,82, com desvio padrão de 1,33.

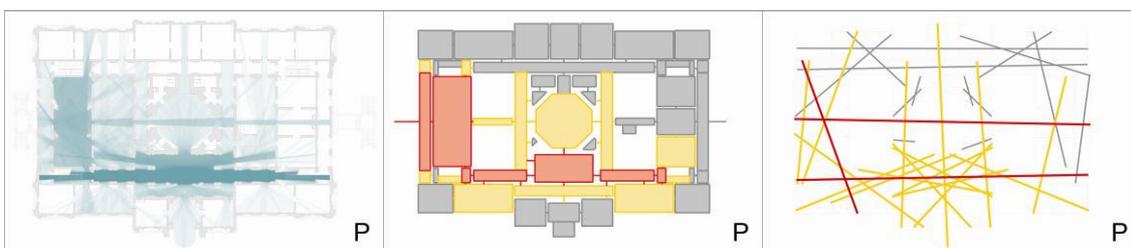


Figura 82 - situação de projeto caminho P2 : isovistas, espaços convexos e eixos

E o caminho P3 permite a visualização de 59% da área do pavimento, 12% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 283,23, com desvio padrão de 65,02. O perímetro médio é de 272,43 e o desvio padrão é 51,30. A oclusividade média é 186,44 com desvio padrão de 47,49. E a circularidade média é de 0,05, com desvio padrão de 0,01. Na descrição convexa o caminho P3 é constituído de 5 espaços com conectividade média de 4,60 conexões e desvio padrão de 1,95. A integração convexa média é de 1,41 com desvio padrão de 0,34. Na descrição axial o caminho P3 é constituído de 3 eixos, com conectividade média de 9,33 eixos e desvio padrão de 1,53. A integração axial média é de 3,25, com desvio padrão de 0,54.

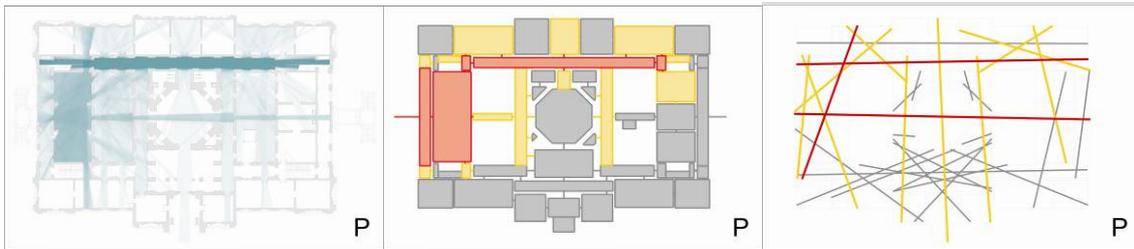


Figura 83 - situação de projeto caminho P3 : isovistas, espaços convexos e eixos

Na situação de projeto os percursos P1 e P2 têm área de isovistas semelhantes, sendo que P1 tem desvio padrão menor. O percurso P2 tem as maiores médias de perímetro e oclusividade, com os menores desvios, e a menor circularidade, com o menor desvio também. Desse modo o percurso P2, através da circulação leste, disponibiliza a maior quantidade de informação visual sobre limites e aberturas do espaço, de modo mais uniforme e também com maior permanência da informação visual ao longo do percurso.

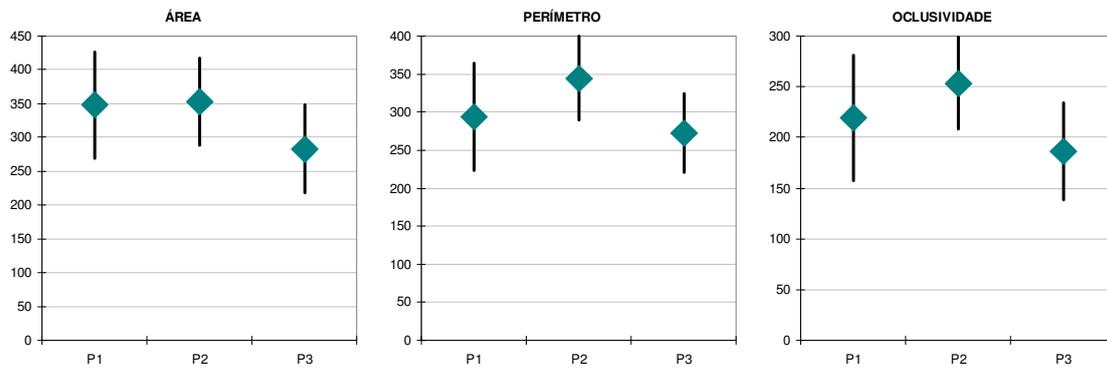


Figura 84 - comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas

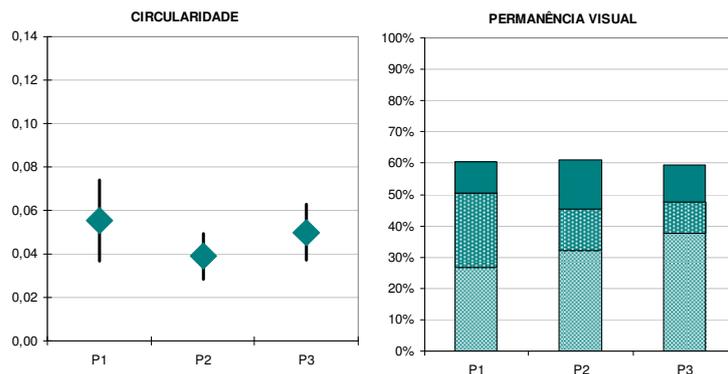


Figura 85 - comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual

Na análise com espaços convexos o percurso P3 teve maior conectividade e integração e menor profundidade. O percurso P3 teve o maior desvio padrão, enquanto P2 teve o menor. A maior profundidade foi do percurso P1, e a menor do P3. Assim o percurso através da circulação oeste (P3) apresentou mais conexões em espaços mais integrados, distribuídos de forma irregular ao longo de uma

menor quantidade de espaços. O caminho P1, através da circulação longitudinal central, apresentou de modo irregular menos conexões ao longo de mais espaços. E o percurso através da circulação leste (P2) foi o mais regular, com uma quantidade intermediária de conexões e passos sintáticos.

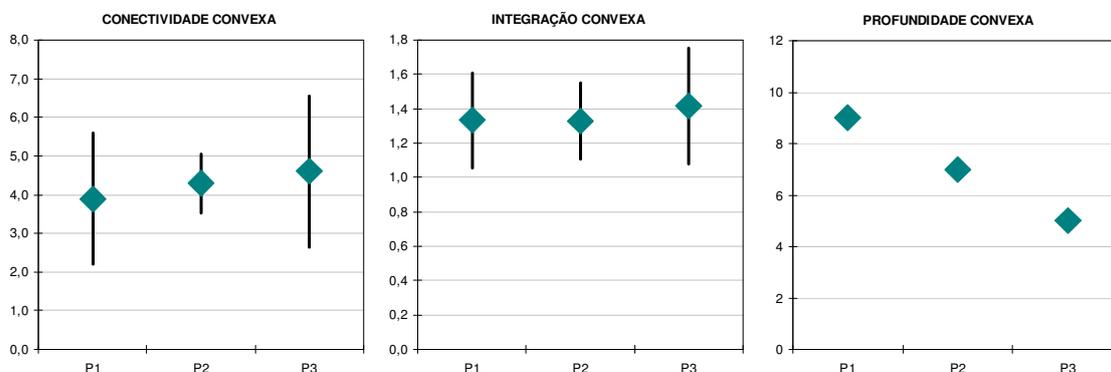


Figura 86 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa

Na análise utilizando mapas axiais o percurso P2 teve as maiores médias de conectividade e integração axial, com um desvio padrão bastante alto. As menores médias foram do percurso P1, e os menores desvios do P3. A profundidade axial foi igual nos percursos P2 e P3, e menor no P1. Desse modo o caminho através da circulação leste (P2) apresentou de modo irregular mais direções alternativas em eixos mais integrados. O percurso através da circulação central (P1) apresentou menos conexões menos integradas, com menos mudanças de direção ao longo do percurso. E o percurso P3 foi o mais regular, com propriedades intermediárias em relação aos demais.

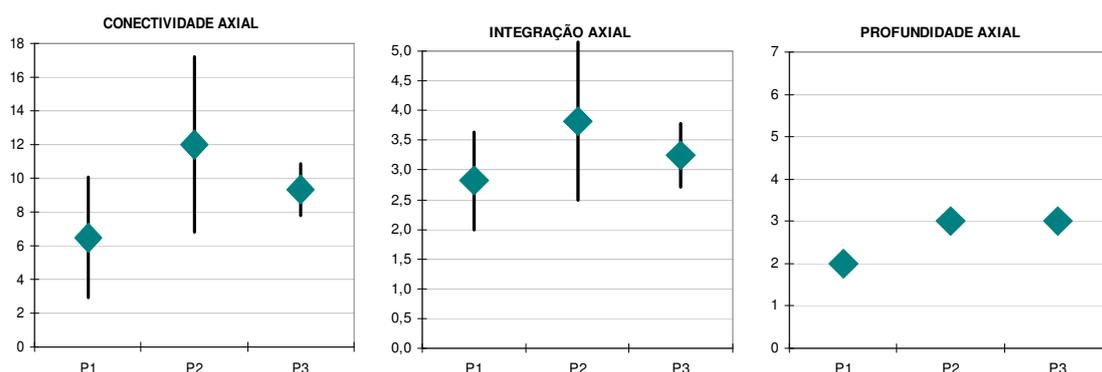
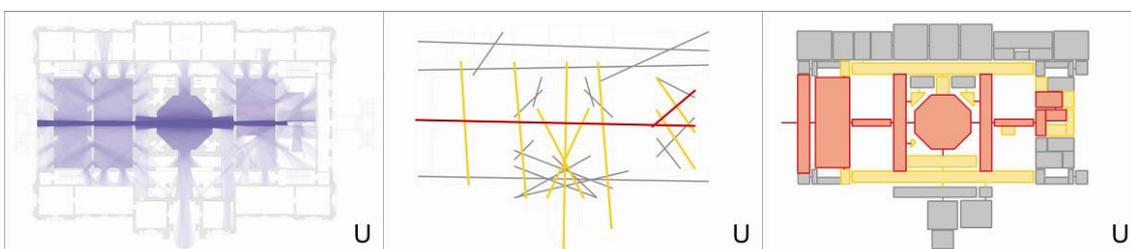


Figura 87 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial

Com relação à inteligibilidade dos percursos, na situação de projeto percurso mais inteligível é o P1, que percorre mais espaços ao longo de menos direções de deslocamento. Entretanto a informação visual nesse percurso é menos permanente, portanto mais variável, assim como as propriedades sintáticas ao

longo do percurso. O percurso P2, por sua vez, apresenta informação visual mais permanente e propriedades sintáticas mais regulares, porém percorre menos espaços em mais direções de deslocamento. A estruturação espacial é maior no percurso P1, que tem conectividade e integração convexa e axial menores. Portanto o percurso central apresenta menos rotas alternativas ao longo seqüências espaciais mais longas. Os percursos P2 e P3 são menos estruturados, apresentando mais conexões e maior simetria, ou seja, mais rotas alternativas e seqüências espaciais mais curtas.

Por fim na situação de uso a análise dos percursos apresentou os resultados que seguem. O caminho U1 permite a visualização de 61% da área do pavimento, 11% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 308,89, com desvio padrão de 98,70. O perímetro médio é de 267,78 e o desvio padrão é 69,93. A oclusividade média é 197,14 com desvio padrão de 57,08. E a circularidade média é de 0,06, com desvio padrão de 0,02. Na descrição convexa o caminho U1 é constituído de 10 espaços com conectividade média de 3,50 conexões e desvio padrão de 1,65. A integração convexa média é de 1,05 com desvio padrão de 0,19. Na descrição axial o caminho U1 é constituído de 2 eixos, com conectividade média de 7 eixos e desvio padrão de 4,24. A integração axial média é de 2,34, com desvio padrão de 1,14.



**Figura 88 -** situação de projeto caminho U1 : isovistas, espaços convexos e eixos

O caminho U2 permite a visualização de 58% da área do pavimento, 14% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 283,73, com desvio padrão de 52,62. O perímetro médio é de 268,12 e o desvio padrão é 43,11. A oclusividade média é 179,72 com desvio padrão de 36,30. E a circularidade média é de 0,05, com desvio padrão de 0,01. Na descrição convexa o caminho U2 é constituído de 5 espaços com conectividade média de 3,40 conexões e desvio padrão de 2,30. A integração convexa média é de 1,04 com desvio padrão de 0,19. Na descrição axial o caminho U2 é constituído de 3 eixos, com conectividade média de 8 eixos e desvio padrão de 4,36. A integração axial média é de 2,48, com desvio padrão de 0,61.

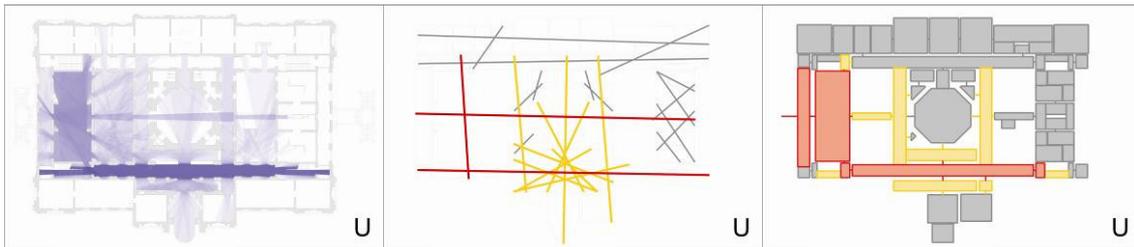


Figura 89 - situação de projeto caminho U2 : isovistas, espaços convexos e eixos

E o caminho U3 permite a visualização de 59% da área do pavimento, 12% de maneira mais permanente. As isovistas têm área média de 259,23, com desvio padrão de 54,39. O perímetro médio é de 241,43 com desvio padrão de 43,40. A oclusividade média é 155,99 e o desvio padrão é de 37,93. A circularidade média é de 0,06, com desvio padrão de 0,02. Na descrição convexa o caminho U3 é constituído de 5 espaços com conectividade média de 3,40 conexões e desvio padrão de 2,30. A integração convexa média é de 1,11 com desvio padrão de 0,25. Na descrição axial o caminho U3 é constituído de 3 eixos, com conectividade média de 6,33 eixos e desvio padrão de 3,51. A integração axial média é de 2,40, com desvio padrão de 0,65.

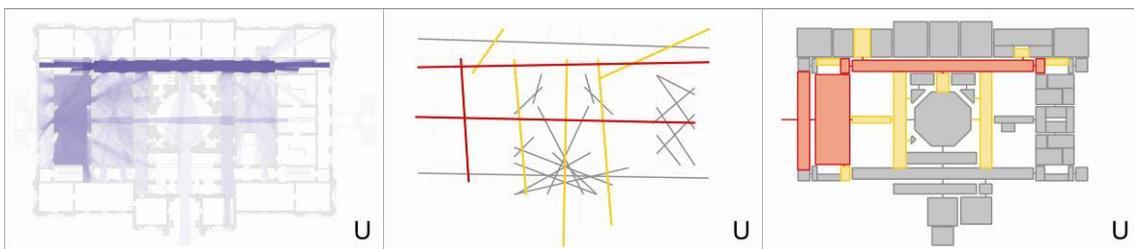


Figura 90 - situação de projeto caminho U3 : isovistas, espaços convexos e eixos

Na situação de uso o percurso U1, através da circulação longitudinal central, apresentou os maiores médias de área, perímetro e oclusividade de isovistas, com os maiores desvios. A circularidade desse caminho foi intermediária, abaixo do P3. A permanência da informação visual foi menor no P1e maior no P2. Isso demonstra que, apesar do caminho U1 disponibilizar a maior quantidade de informação visual, a informação é muito variável ao longo do percurso, permanecendo disponível ao observador por menos tempo.

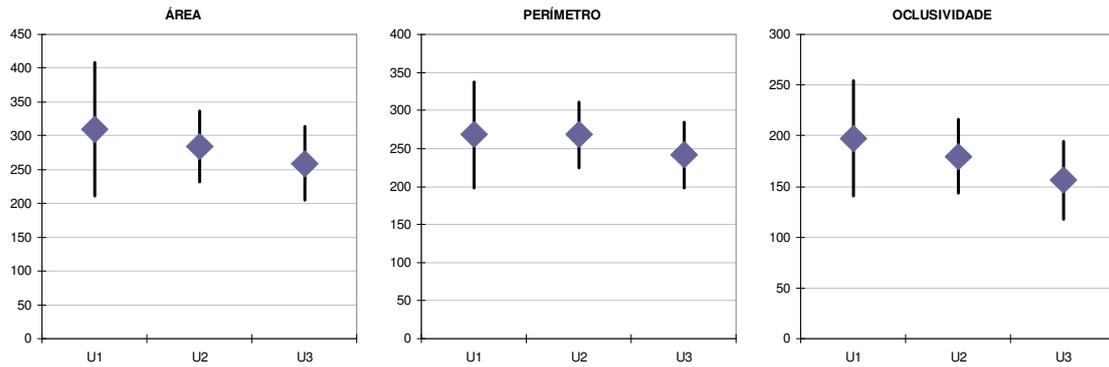


Figura 91 - comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas

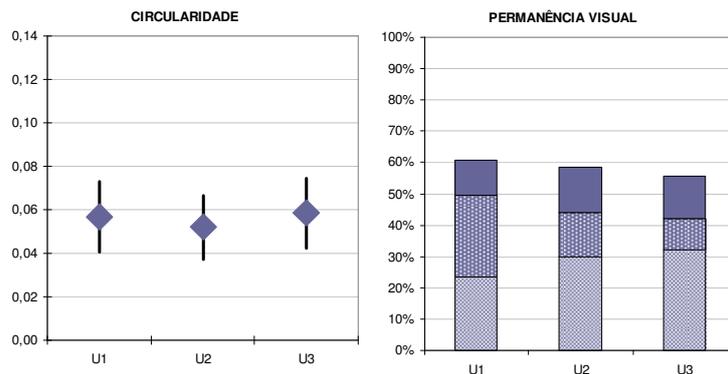


Figura 92 - comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual

Na análise com espaços convexos a conectividade foi praticamente igual nos três percursos, com desvio padrão menor no percurso U1. A integração convexa foi levemente maior no percurso U3, e o desvio padrão dos três caminhos foi baixo. A profundidade do percurso U1 foi a maior, bastante acima da dos demais percursos que tiveram profundidade igual. Desse modo os percursos apresentaram propriedades bastante semelhantes, exceto pela quantidade de espaços percorridos, que foi maior no percurso central (U1). Esse percurso também apresentou maior regularidade em relação aos demais.

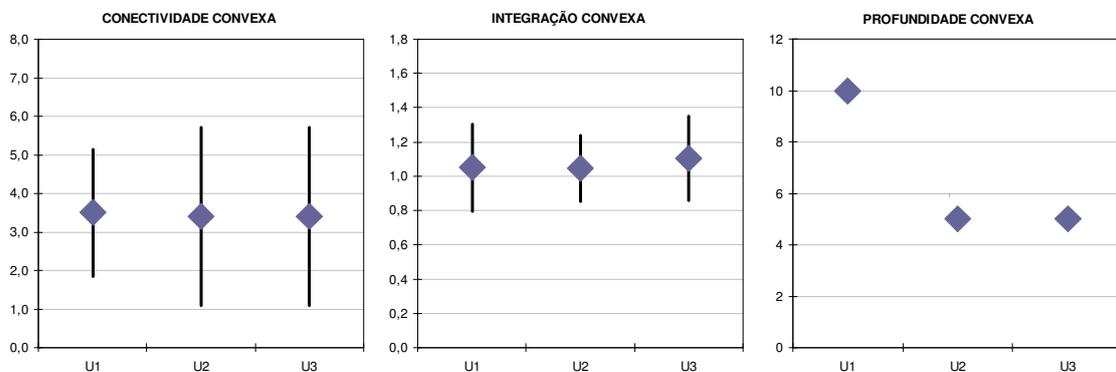


Figura 93 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa

Na análise utilizando mapas axiais o percurso U2 teve conectividade levemente maior que os demais. A integração axial foi bastante similar, sendo um pouco menor no percurso U1, com um desvio maior. A profundidade axial foi também menor no percurso U1. Assim p percurso central (U1) foi o mais irregular dos três, com a menor quantidade de direções ao longo do percurso. Os percursos U2 e U3 apresentaram mais regularidade, com propriedades sintáticas muito similares, apenas com algumas alternativas de direções a mais no percurso através da circulação leste (U2).

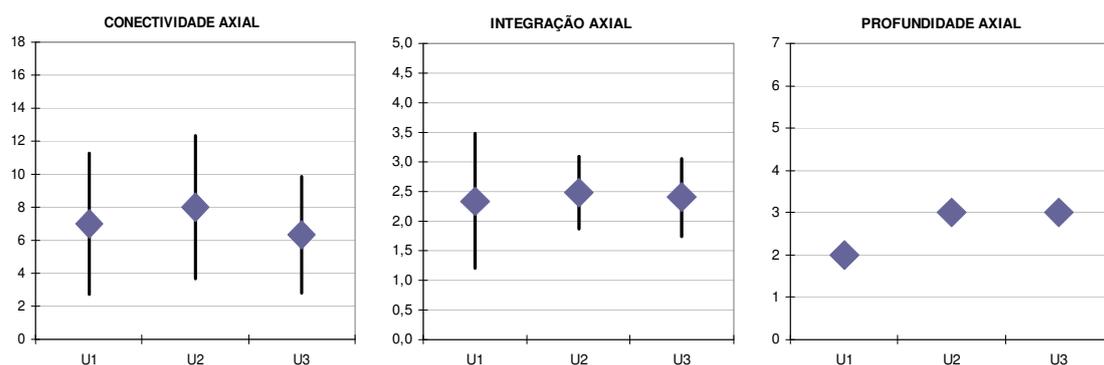


Figura 94 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial

Na situação de uso a inteligibilidade foi maior no percurso central (U1), pois ele percorre muitos espaços ao longo de poucas direções de deslocamento, apesar de disponibilizar informação visual menos permanente. Os percursos U2 e U3, através das circulações laterais, são menos inteligíveis, pois percorrem menos espaços em mais direções de deslocamento, apresentando informação visual mais permanente e uma distribuição mais irregular das propriedades sintáticas. A estruturação espacial é muito similar nos três percursos, apenas com algumas rotas alternativas a mais no caminho U2.

A informação visual obtida nas três situações de análise demonstra que o resultado dos percursos acompanhou os resultados das isovistas de todo o pavimento. Os percursos da situação de projeto tiveram as maiores médias de área (~328), perímetro (~303) e oclusividade (~220) de isovistas. A situação de uso teve valores intermediários (área ~284, perímetro ~260, oclusividade ~178). E a situação original teve os menores valores (área ~260, perímetro ~214, oclusividade ~140). A circularidade de isovistas apresentou os maiores valores na situação original (~0,08), seguida das situações de uso e projeto (~0,06). O desvio padrão foi maior na situação original demonstrando uma maior variação na complexidade de suas isovistas. Já a permanência da informação visual foi maior na situação de projeto, e menor na situação original. Assim os percursos analisados

constituem bons indicativos das características visuais de todo o pavimento nas três situações de análise.

As propriedades convexas dos percursos, por outro lado, não acompanharam os resultados obtidos na análise de todo o pavimento. A conectividade média foi levemente superior na situação original ( $\sim 4,3$ ), porém com maiores desvios. A situação de projeto teve valores um pouco abaixo ( $\sim 4,2$ ) e com menores desvios. E a situação de uso teve os menores valores de conectividade ( $\sim 3,4$ ), com desvios consideráveis. Já na descrição de todo o pavimento a maior conectividade foi na situação de projeto. A integração convexa dos percursos foi praticamente igual nas situações original e de projeto ( $\sim 1,4$ ), sendo inferior na situação original ( $\sim 1,1$ ). E a profundidade convexa foi maior na situação original ( $\sim 8,7$ ), seguida da de projeto ( $\sim 7,0$ ) e menor na situação de uso ( $\sim 6,7$ ). Na análise global do pavimento a maior profundidade foi da situação de uso. Assim os percursos da situação original representaram mais passos sintáticos e foram os mais conectados e integrados, porém com uma variação grande dessas propriedades ao longo do percurso. Na situação de projeto os caminhos avançaram menos passos sintáticos, com menos conexões e menor integração, porém mais regulares ao longo do trajeto. E na situação de uso a integração convexa dos caminhos permaneceu inalterada em relação à situação de projeto, mas os percursos se tornaram menos profundos, menos conectados, e mais irregulares com relação às propriedades convexas.

As propriedades da análise utilizando eixos, por sua vez, demonstraram que os percursos acompanharam os resultados de todo o pavimento apenas para a integração e a profundidade axial. Enquanto na análise global do pavimento a situação de projeto foi a mais conectada, na análise de percursos a conectividade axial teve os maiores valores na situação original ( $\sim 10,7$ ), com os maiores desvios. A situação de projeto teve valores intermediários ( $\sim 9,3$ ), com grande variação na conectividade média e no desvio padrão entre os três caminhos. Na situação de uso a conectividade foi menor ( $7,1$ ), com desvios consideráveis. A integração axial foi maior na situação de projeto ( $\sim 3,3$ ), com grande variação da média e do desvio entre os percursos. A situação original obteve médias intermediárias ( $\sim 3,0$ ) com desvios consideráveis nos três percursos. A situação de uso apresentou a menor integração axial ( $\sim 2,4$ ). A profundidade axial foi igual nas situações de projeto e de uso ( $\sim 2,7$ ), bastante abaixo da profundidade da situação original ( $\sim 5,7$ ). Desse modo a situação original apresentava uma maior uniformidade entre os três caminhos, com muitas mudanças de direção para se avançar no pavimento e uma variação considerável da integração e conectividade dos eixos percorridos. Na

situação de projeto a quantidade de mudanças de direção diminuiu, mas cada percurso apresentou níveis de integração e conectividade diferentes, sendo o P3 mais regular e o P2 mais irregular. Na situação de uso a quantidade de direções permaneceu inalterada e os três percursos ficaram mais parecidos, com uma considerável variação na conectividade e na integração ao longo de cada caminho.

Em termos de inteligibilidade, as situações de projeto e de uso foram mais inteligíveis, combinando uma maior quantidade de espaços numa menor quantidade de direções de deslocamento. Já na situação original, os percursos apresentaram proporcionalmente menos espaços para mais direções de deslocamento. Quanto à informação visual, os percursos da situação de projeto disponibilizaram mais informação de modo mais permanente. A situação de uso teve resultados intermediários, e a situação original disponibilizou menos informação, com maior irregularidade e menor permanência. Com respeito à estruturação espacial dos percursos, a situação de uso apresentou os maiores níveis de estruturação convexa e axial, com menos alternativas de percurso e maior assimetria, representando seqüências maiores de espaços sucessivos. Os percursos das situações original e de projeto apresentaram níveis de estruturação inferiores, com características específicas. Enquanto na situação original haviam mais rotas alternativas, na situação de projeto as seqüências de espaços sucessivos foram menores.

## 4. Conclusão

A análise comparativa da estruturação espacial da Pinacoteca do Estado de São Paulo mostrou que a intervenção de Paulo Mendes da Rocha tornou o espaço interno do museu menos estruturado. Os resultados da análise convexa demonstraram que a situação original se caracterizava por oferecer menos alternativas de percurso, distribuídas de modo irregular ao longo do pavimento, com seqüências relativamente grandes de espaços sucessivos. Na situação de projeto a análise apontou uma maior quantidade de alternativas de percurso em seqüências espaciais menores. Assim, a reformulação da Pinacoteca, sem intervenções museográficas, efetivamente ampliou a possibilidade dos visitantes escolherem seus próprios percursos. Isso confirma o primeiro aspecto do discurso de Paulo Mendes da Rocha, sobre a importância de cada visitante escolher seu próprio percurso de visitação.

A montagem de exposi es, na situa o de uso analisada, determinou maior estrutura o do espaço, para níveis superiores aos da situa o original antes da reforma. Com isso a situa o de uso apresentou menos alternativas de percurso entre os espaços, com seq ncias de espaços justapostos mais longas. Disso se deduz que a soluço arquitet nica de Paulo Mendes da Rocha permite diferentes níveis de estrutura o espacial, a serem definidos a cada exposi o. Em outras palavras, o museu permite a montagem de exposi es ora mais, ora menos estruturadas, o que confirma o discurso do arquiteto sobre a flexibilidade para a montagem de exposi es de diferentes naturezas na Pinacoteca.

Os resultados encontrados a partir dos mapas axiais confirmaram os resultados da análise convexa, com valores ainda maiores para as propriedades sintáticas analisadas (conectividade, integra o e profundidade em rela o ao acesso). Isso demonstra que a descri o axial não apenas ratifica as características da descri o convexa, mas também evidencia os níveis de estrutura o espacial das situa es analisadas, comprovando novamente o discurso de Paulo Mendes da Rocha a respeito da Pinacoteca.

A análise do movimento utilizando agentes computacionais demonstrou que a reformulação da Pinacoteca estimulou maior movimentação dos visitantes em relação à situação original. Essa última apresentou uma distribuição mais irregular do movimento de agentes, com movimentação maior nas áreas de recepção e circulação em detrimento de algumas áreas de exposição. Já na situação de projeto, o movimento dos agentes foi mais distribuído ao longo de todo o pavimento, do que se conclui que a reformulação da Pinacoteca melhorou as condições de circulação dos visitantes. Esses dados reforçam a crítica de Mendes da Rocha às condições de movimentação dos visitantes na Pinacoteca antes da reformulação espacial, quando o arquiteto compara o museu a um labirinto e afirma que sua circulação não fluía. Já na situação de uso, com a montagem da respectiva exposição, houve uma distribuição mais irregular dos agentes computacionais, com uma concentração do movimento nos espaços de circulação e recepção e um movimento muito menor nas salas de exposição. Esse padrão de movimento foi ainda confirmado pela amostragem in loco do movimento de visitantes.

Com relação aos métodos utilizados na simulação computacional, a contagem de agentes ponto a ponto e a contagem por espaço apresentaram valores médios invertidos entre as três situações de análise. Na contagem de agentes ponto a ponto, a maior média foi da situação de uso, e a menor da de projeto. Já na contagem por espaço convexo as médias encontradas se inverteram. Analisando-se essa inversão, face à distribuição do movimento em cada situação analisada, pode-se concluir que, na contagem ponto a ponto, a média é influenciada pelos picos dos maiores valores e que, portanto, a contagem por espaço descreve melhor a movimentação dos visitantes do museu.

A análise da informação visual utilizando isovistas demonstrou que a reformulação da Pinacoteca ampliou a quantidade de informação visual disponível no ambiente, modificando também as suas características. A situação original apresentou isovistas menores e mais compactas, com grande variação em sua complexidade ao longo de diferentes pontos de observação. Na situação de projeto, por outro lado, as isovistas são maiores e mais complexas, mas com uma maior homogeneidade de suas características ao longo do pavimento. A situação de uso se aproximou da situação de projeto, mas com uma diminuição na quantidade e na complexidade da informação visual. Essa diferença se deve principalmente à possibilidade de novas relações visuais através dos pátios, estabelecida pela retirada de suas esquadrias e pela incorporação dos mesmos ao espaço interno do museu.

A análise com grafos de visibilidade confirmou os resultados das isovistas para a quantidade de informação visual. Com relação às demais propriedades analisadas, a situação de projeto é visualmente mais integrada e menos profunda, o que representa um maior potencial de seus diferentes locais serem vistos ou percorridos e a necessidade de menos mudanças de direção para se percorrer o pavimento a partir do acesso. Na situação original o potencial dos locais serem vistos ou percorridos é menor, e a quantidade de mudanças de direção para se visualizar todo o pavimento a partir do acesso é maior. A situação de uso apresentou resultados intermediários, próximos daqueles da situação de projeto. Isso demonstra que, apesar da montagem de exposições modificar a informação visual disponível no ambiente, a situação uso ainda preserva as principais características visuais propiciadas pela reformulação espacial da Pinacoteca.

A análise da inteligibilidade do pavimento nas três situações de análise foi feita comparando as propriedades sintáticas de mapas convexos, mapas axiais e grafos de visibilidade. A medida de integração, representando as propriedades globais da configuração espacial, foi correlacionada à conectividade, medida local, e à profundidade sintática a partir do acesso da Pinacoteca. Na correlação da integração com a conectividade, a situação original sempre teve resultados inferiores aos da situação de projeto, o que demonstra que a reformulação da Pinacoteca ampliou a inteligibilidade do museu. Entretanto a correlação da integração com a profundidade mostrou resultados diferentes. Nos métodos convexo e axial, a situação original apresentou melhores correlações dessas propriedades do que a situação de projeto. Isso significa que na situação original a profundidade a partir do acesso contribuía bastante para a inteligibilidade do museu. Nos grafos de visibilidade, os resultados dessa correlação foram um pouco melhores na situação de projeto que na situação original. Isso significa que, em termos de relações visuais, a reformulação da Pinacoteca não diminuiu a influência da profundidade do acesso na inteligibilidade do museu. A diferença nos resultados das diferentes técnicas de análise provavelmente se deve ao fato das descrições convexa e sintática desconsiderarem as relações visuais através dos pátios, quando na realidade as mesmas contribuem efetivamente para a inteligibilidade do museu.

Na situação de uso a correlação da integração convexa foi praticamente a mesma para as duas propriedades utilizadas na comparação. Na descrição axial, a correlação da integração com a conectividade foi a menor das três situações de

análise, enquanto a correlação com a profundidade axial foi a melhor entre as três situações. E na descrição com grafos de visibilidade a situação de uso teve um resultado intermediário na correlação com a conectividade, e na comparação com a profundidade visual um resultado superior aos das demais situações. Isso demonstra que a montagem de exposições interfere na inteligibilidade da Pinacoteca, e que na situação analisada, enquanto a contribuição da conectividade na compreensão das características configuracionais do pavimento diminuiu, o papel da profundidade do acesso na inteligibilidade do museu aumentou.

A análise dos percursos demonstrou que as características da informação visual ao longo dos percursos acompanham os resultados das isovistas de todo o pavimento. Portanto os percursos analisados constituem bons indicativos das características visuais do pavimento nas três situações de análise. Com relação às propriedades sintáticas convexas e axiais, os resultados dos percursos divergiram daqueles encontrados para todo o pavimento. Na descrição convexa os percursos da situação original constituíram mais passos sintáticos e foram mais conectados e integrados, com uma expressiva variação dessas propriedades ao longo do percurso. Já na situação de projeto os percursos apresentaram menos passos sintáticos, com menos conexões e menor integração, porém com uma maior regularidade ao longo do trajeto. Na descrição axial a situação original apresentou percursos bastante semelhantes entre si, com muitas mudanças de direção para se avançar no pavimento e uma variação considerável das propriedades sintáticas ao longo de cada percurso. Na situação de projeto a quantidade de mudanças de direção diminuiu, mas os percursos apresentaram valores distintos para as propriedades sintáticas analisadas. A combinação das propriedades sintáticas convexas e axiais permite concluir que a inteligibilidade dos percursos é maior na situação de projeto, em que uma maior quantidade de espaços pode ser percorrida em poucas direções de deslocamento. Na situação original, por outro lado, os percursos tiveram proporcionalmente menos espaços e mais direções de deslocamento.

Na situação de uso a integração convexa dos caminhos permaneceu inalterada em relação à situação de projeto, mas os percursos se tornaram menos profundos, menos conectados, e mais irregulares com relação às propriedades analisadas. Na análise axial a quantidade de direções da situação de uso permaneceu igual à da situação de projeto e os três percursos ficaram mais parecidos, com uma considerável variação nas propriedades sintáticas ao longo de cada caminho. Combinando as propriedades convexas e axiais, a inteligibilidade da situação de uso se aproximou da situação de projeto, permitindo percorrer muitos

espaços com poucas mudanças de direção. Entretanto os percursos da situação de uso apresentaram maior estruturação espacial, com menos alternativas de percurso em seqüências espaciais maiores. Desse modo, apesar da montagem de exposições restringir a escolha do percurso pelo visitante, a inteligibilidade dos percursos foi pouco alterada.

O quarto e último aspecto do discurso de Paulo Mendes da Rocha diz respeito à visibilidade e compreensão do ambiente, em que criticava a visão labiríntica da situação original. Com relação à visibilidade, o estudo demonstrou que a reformulação da Pinacoteca ampliou a quantidade de informação visual disponível no ambiente, mantendo suas principais características inalteradas mesmo com a montagem de exposições. Em termos das condições de compreensão do ambiente, a reformulação da Pinacoteca ampliou a inteligibilidade do museu. Já a exposição observada reduziu alguns aspectos da inteligibilidade e aumentou outros. Isso demonstra que a inteligibilidade da Pinacoteca pode ser preservada, independente da maior estruturação espacial dada pela montagem de exposições. Garantidas as condições de visibilidade e compreensão do espaço, os visitantes podem circular e definir seus percursos, dentro das restrições impostas por cada exposição. Paulo Mendes da Rocha consegue assim conciliar a flexibilidade para a montagem de exposições com a possibilidade dos visitantes escolherem seus próprios percursos, donde se conclui que seu discurso a respeito da arquitetura de museus se efetiva com sucesso na reformulação espacial da Pinacoteca do Estado de São Paulo.

A comparação dos resultados encontrados com as diferentes técnicas de análise sugere o aprimoramento e desenvolvimento de novos métodos analíticos, em especial no que se refere a isovistas e agentes computacionais. Os resultados apresentados demonstram a necessidade da diferenciação entre relações de permeabilidade e visibilidade na programação de agentes, especialmente no que se refere à modelagem do movimento exploratório (Beck e Turkienicz, 2009). Tendo como ponto de partida as conclusões ora apresentadas, o trabalho suscita o aprofundamento metodológico dos aspectos envolvidos no processo de cognição espacial e delineia a complementaridade entre a teoria Ecológica de Gibson e a Sintaxe Espacial no estudo do comportamento humano no espaço.

# Lista de Figuras

## Introdução

### 1. Revisão da Literatura

#### 1.1. Abordagem ecológica da percepção visual

Figura 1 - arrumação óptica ambiente convergindo para um determinado ponto \_\_\_\_\_ 15

Figura 2 - arrumação óptica ambiente com o ponto de observação ocupado por um observador, alterações na arrumação óptica ambiente devido movimento do observador \_ 16

Figura 3 - fluxo de informação visual durante a locomoção, em movimento paralelo ao solo \_\_\_\_\_ 17

#### 1.2. Isovistas

Figura 4 - isovistas com oclusividade crescente da esquerda para a direita \_\_\_\_\_ 18

Figura 5 - mapas escalares demonstrando a variação da área de isovistas : pavilhão de Barcelona de Mies Van Der Rohe, uma sala e sua circulação \_\_\_\_\_ 19

#### 1.3. Sintaxe espacial

Figura 6 - relação de simetria entre **a**, **b** e **c** (1), assimetria entre **a** e **c** (2), distribuição entre **a** e **b** (3) e não-distribuição entre **b** e **c** (4) \_\_\_\_\_ 23

#### 1.4. Inteligibilidade

#### 1.5. Grafos de Visibilidade

Figura 7 - exemplo de um grafo de visibilidade, destacando em preto as conexões de um dos pontos, cuja isovista aparece em cinza \_\_\_\_\_ 31

#### 1.6. Agentes

#### 1.7. Paulo Mendes da Rocha e a Pinacoteca

### 2. Materiais e Métodos

Figura 8 - localização da Pinacoteca, na extremidade sudeste do Parque da Luz, na esquina da Av. Tiradentes e da Praça da Luz \_\_\_\_\_ 38

Figura 9 - vista da fachada leste da Pinacoteca, voltada para a Av. Tiradentes \_\_\_\_\_ 39

Figura 10 - vista da fachada sul da Pinacoteca, voltada para a Praça da Luz \_\_\_\_\_ 39

#### 2.1. Situação Original

Figura 11 - situação original : planta baixa pavimento térreo \_\_\_\_\_ 41

Figura 12 - situação original : planta baixa pavimento de acesso \_\_\_\_\_ 41

Figura 13 - situação original : planta baixa segundo pavimento \_\_\_\_\_ 42

Figura 14 - fachada principal do projeto original de Francisco de Paula Ramos de Azevedo, com a cúpula que não foi construída \_\_\_\_\_ 42

Figura 15 - corte longitudinal da Pinacoteca antes da reforma, mostrando os pátios descobertos e o vazio no octógono central \_\_\_\_\_ 43

Figura 16 - pavimento de acesso situação original : denominação dos ambientes \_\_\_\_\_ 43

#### 2.2. Situação de Projeto

Figura 17 - situação de projeto : planta baixa pavimento térreo \_\_\_\_\_ 44

Figura 18 - situação de projeto : planta baixa pavimento de acesso \_\_\_\_\_ 45

Figura 19 - situação de projeto : planta baixa segundo pavimento \_\_\_\_\_ 45

Figura 20 - corte longitudinal da Pinacoteca depois da reforma, mostrando os pátios cobertos, as passarelas e a laje no átrio central \_\_\_\_\_ 46

Figura 21 - corte transversal da Pinacoteca depois da reforma, mostrando a laje e a cobertura no átrio central \_\_\_\_\_ 46

Figura 22 - pavimento de acesso situação de projeto : denominação dos ambientes \_\_\_\_\_ 46

#### 2.3. Situação de Uso

Figura 23 - situação de uso : planta baixa pavimento térreo \_\_\_\_\_ 47

Figura 24 - situação de uso : planta baixa pavimento de acesso \_\_\_\_\_ 48

Figura 25 - situação de uso : planta baixa segundo pavimento \_\_\_\_\_ 48

|   |    |
|---|----|
| Figura 26 - pavimento de acesso situação de uso : denominação dos ambientes _____   | 49 |
| 2.4. Estruturação Espacial  |    |
| 2.4.1. Mapas Convexos   |    |
| Figura 27 - espaços convexos e suas conexões : situação original, de projeto e de uso   | 51 |
| 2.4.2. Mapas Axiais   |    |
| Figura 28 - espaço interno permeável da pinacoteca : situação original, de projeto e de uso _____   | 52 |
| 2.5. Movimento de Visitantes  |    |
| 2.5.1. Simulação Computacional  |    |
| Figura 29 - espaço considerado na simulação computacional e local de entrada dos agentes : situação original, de projeto e de uso _____         | 53 |
| 2.5.2. Amostragem   |    |
| Figura 30 - espaços de exposição e circulação observados _____  | 54 |
| Figura 31 - localização dos portais _____   | 55 |
| 2.6. Inteligibilidade   |    |
| 2.6.1. Informação Visual  |    |
| Figura 32 - espaço considerado na análise da informação visual : situação original, de projeto e de uso _____                                   | 56 |
| 2.6.2. Inteligibilidade do Pavimento  |    |
| 2.6.3. Inteligibilidade de Percursos  |    |
| Figura 33 - três percursos alternativos : situação original, de projeto e de uso _____  | 57 |
| 3. Resultados e Análise   |    |
| 3.1. Estruturação Espacial  |    |
| 3.1.1. Mapas Convexos   |    |
| Figura 34 - situação original : conectividade, integração e profundidade convexa _____  | 59 |
| Figura 35 - situação de projeto : conectividade, integração e profundidade convexa _____  | 60 |
| Figura 36 - situação de uso : conectividade, integração e profundidade convexa _____  | 60 |
| Figura 37 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexas _____  | 61 |
| 3.1.2. Mapas Axiais   |    |
| Figura 38 - situação original : conectividade, integração e profundidade axial _____  | 62 |
| Figura 39 - situação de projeto : conectividade, integração e profundidade axial _____  | 62 |
| Figura 40 - situação de uso : conectividade, integração e profundidade axial _____  | 63 |
| Figura 41 - comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axiais _____  | 64 |
| 3.2. Movimento de Visitantes  |    |
| 3.2.1. Simulação Computacional  |    |
| Figura 42 - situação original : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço  | 65 |
| Figura 43 - situação de projeto : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço _____                                      | 66 |
| Figura 44 - situação de uso : trajeto de 20 agentes, contagem ponto a ponto, contagem por espaço  | 66 |
| Figura 45 - comparação movimento de agentes : proporção contagem ponto a ponto, médias ponto a ponto, médias contagem absoluta por espaço _____ | 67 |
| 3.2.2. Amostragem   |    |
| Figura 46 - quantificação instantânea: pessoas andando, paradas e sentadas _____  | 68 |
| Figura 47 - quantificação em portais : fluxo em cada portal, fluxo total por espaço _____   | 68 |
| Figura 48 - estado de movimento : pessoas andando, paradas e sentadas por minuto  | 69 |
| Figura 49 - correlação fluxo observado e contagem de agentes _____  | 69 |
| 3.3. Inteligibilidade   |    |
| 3.3.1. Informação Visual  |    |
| Figura 50 - situação original : área, perímetro de isovistas _____  | 70 |
| Figura 51 - situação original : oclusividade, circularidade de isovistas _____  | 70 |
| Figura 52 - situação de projeto : área, perímetro de isovistas _____  | 71 |
| Figura 53 - situação de projeto : oclusividade, circularidade de isovistas _____  | 71 |
| Figura 54 - situação de uso : área, perímetro de isovistas _____  | 71 |
| Figura 55 - situação de uso : oclusividade, circularidade de isovistas _____  | 72 |
| Figura 56 - comparação média e desvio padrão : área e perímetro de isovistas _____  | 72 |
| Figura 57 - comparação média e desvio padrão : oclusividade e circularidade de isovistas _____  | 72 |
| Figura 58 - situação original : conectividade, integração e profundidade visual _____   | 73 |

|                                      |  |    |
|--------------------------------------|--|----|
| Figura 59 -                          | situação de projeto : conectividade, integração e profundidade visual _____                                    | 73 |
| Figura 60 -                          | situação de uso : conectividade, integração e profundidade visual _____  | 74 |
| Figura 61 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade visuais _____                      | 74 |
| 3.3.2. Inteligibilidade do Pavimento |  |    |
| Figura 62 -                          | situação original : inteligibilidade convexa _____   | 75 |
| Figura 63 -                          | situação original : inteligibilidade axial _____   | 75 |
| Figura 64 -                          | situação original : inteligibilidade visual _____  | 76 |
| Figura 65 -                          | situação de projeto : inteligibilidade convexa _____   | 76 |
| Figura 66 -                          | situação de projeto : inteligibilidade axial _____   | 76 |
| Figura 67 -                          | situação de projeto : inteligibilidade visual _____  | 77 |
| Figura 68 -                          | situação de uso : inteligibilidade convexa _____   | 77 |
| Figura 69 -                          | situação de uso : inteligibilidade axial _____   | 77 |
| Figura 70 -                          | situação de uso : inteligibilidade visual _____  | 78 |
| Figura 71 -                          | comparação coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) : inteligibilidade convexa _____                      | 78 |
| Figura 72 -                          | comparação coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) : inteligibilidade axial _____                        | 79 |
| Figura 73 -                          | comparação coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) : inteligibilidade visual _____                       | 79 |
| 3.3.3. Inteligibilidade de Percursos |  |    |
| Figura 74 -                          | situação original caminho O1 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                       | 80 |
| Figura 75 -                          | situação original caminho O2 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                       | 80 |
| Figura 76 -                          | situação original caminho O3 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                       | 81 |
| Figura 77 -                          | comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas _____                           | 81 |
| Figura 78 -                          | comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual _____ | 82 |
| Figura 79 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa _____                      | 82 |
| Figura 80 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial _____                        | 83 |
| Figura 81 -                          | situação de projeto caminho P1 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 84 |
| Figura 82 -                          | situação de projeto caminho P2 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 84 |
| Figura 83 -                          | situação de projeto caminho P3 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 85 |
| Figura 84 -                          | comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas _____                           | 85 |
| Figura 85 -                          | comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual _____ | 85 |
| Figura 86 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa _____                      | 86 |
| Figura 87 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial _____                        | 86 |
| Figura 88 -                          | situação de projeto caminho U1 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 87 |
| Figura 89 -                          | situação de projeto caminho U2 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 88 |
| Figura 90 -                          | situação de projeto caminho U3 : isovistas, espaços convexos e eixos _____                                     | 88 |
| Figura 91 -                          | comparação média e desvio padrão : área, perímetro e oclusividade de isovistas _____                           | 89 |
| Figura 92 -                          | comparação média e desvio padrão circularidade de isovistas, comparação permanência de informação visual _____ | 89 |
| Figura 93 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade convexa _____                      | 89 |
| Figura 94 -                          | comparação média e desvio padrão : conectividade, integração e profundidade axial _____                        | 90 |

#### 4. Conclusão

Lista de Figuras

Fontes das Figuras

Anexo 1 - Fotografias Panorâmicas

Anexo 2 - Entrevista com Paulo Mendes da Rocha

Referências Bibliográficas

## Fontes das Figuras

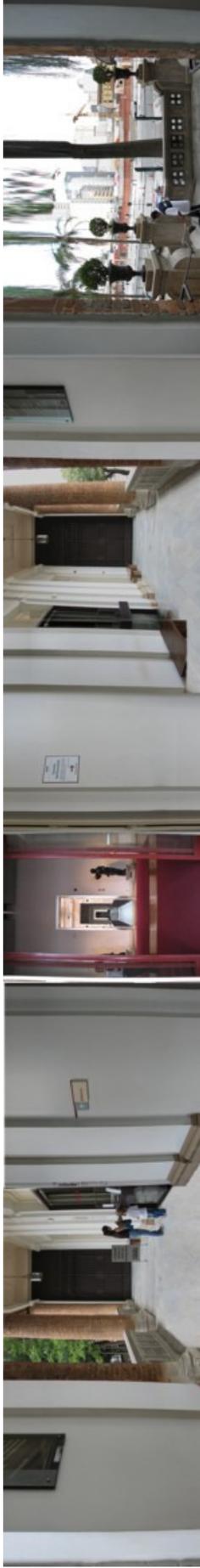
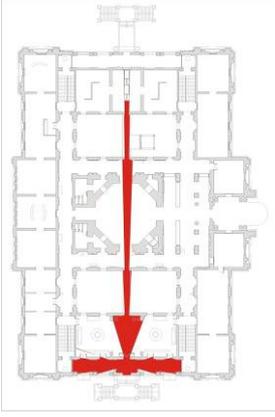
- Figuras 1 a 3- Gibson, J. J. The ecological approach to visual perception. Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1986
- Figuras 4 e 5- Benedikt M. L. To take hold of space: isovists and isovist fields. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 6, n.1, p. 47-65, 1979
- Figura 6 - Hillier, B; Hanson, J. The social logic of space. Cambridge, Cambridge Press, 1990. 281p.
- Figura 7 - Turner, A.; Doxa, M.; O'Sullivan, D.; Penn, A. From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. Environment and Planning B, v.28, n.1, p.103-121, 2001.
- Figura 8 - Figura produzida pelo autor, a partir de foto aérea do GoogleMaps
- Figuras 9 a 13 - Figuras produzidas pelo autor.
- Figura 14 - Montes, M. L. (edição) Acervo permanente e novas doações. São Paulo, Edições Pinacoteca, 1999.
- Figura 15 - Gimenez, Luiz Espallargas. Paulo Mendes da Rocha, sutis pegadas do bicho arquiteto. Revista AU – Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Editora Pini, n. 79, ano XIV, p. 63-76, ago./set. 1998.
- Figuras 16 a 19 - Figuras produzidas pelo autor.
- Figuras 20 a 21 - Gimenez, Luiz Espallargas. Paulo Mendes da Rocha, sutis pegadas do bicho arquiteto. Revista AU – Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Editora Pini, n. 79, ano XIV, p. 63-76, ago./set. 1998.
- Figuras 22 a 94 - Figuras produzidas pelo autor.

# **Anexo 1**

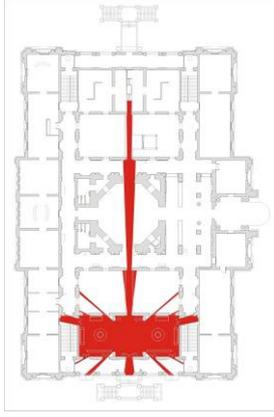
## **Fotografias Panorâmicas**

No período de observação da Pinacoteca, correspondente à situação de uso, foram feitas pelo autor fotografias panorâmicas de pontos importantes do pavimento de acesso do museu. No anexo 1 são apresentadas 12 fotografias panorâmicas, acompanhadas das isovistas dos seus respectivos pontos de observação.

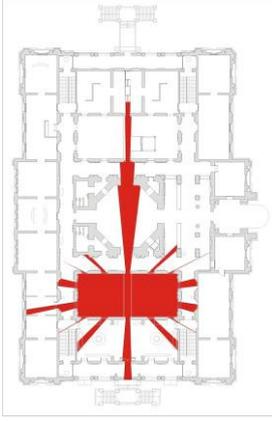
## 1. Varanda sul



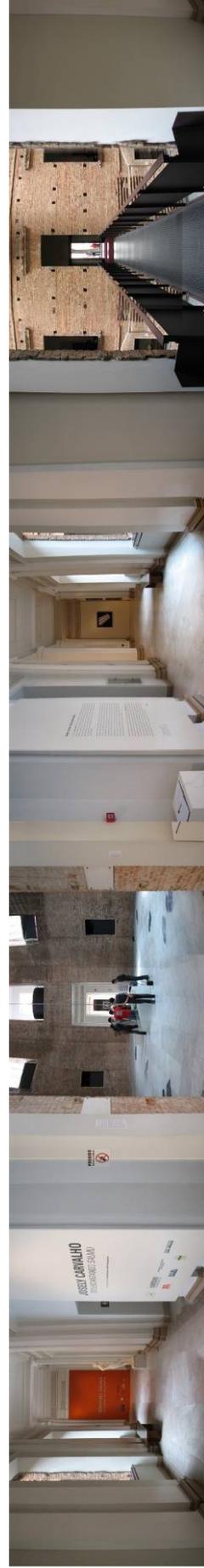
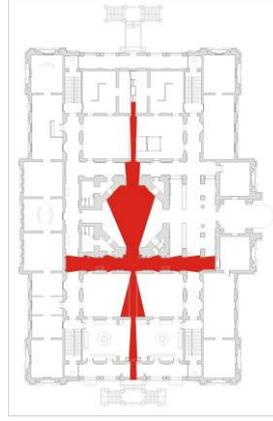
## 2. Recepção



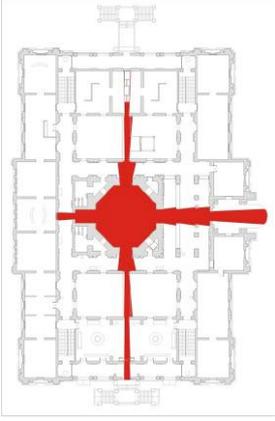
### 3. Pátio sul



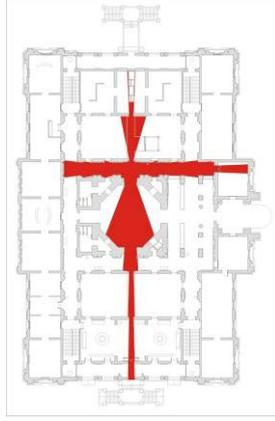
### 4. Circulação sul



## 5. Octógono central



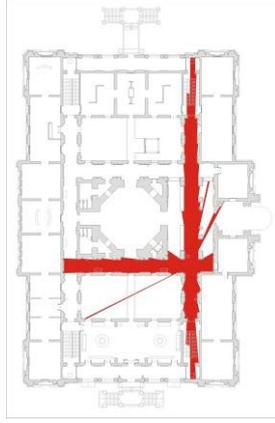
## 6. Circulação norte



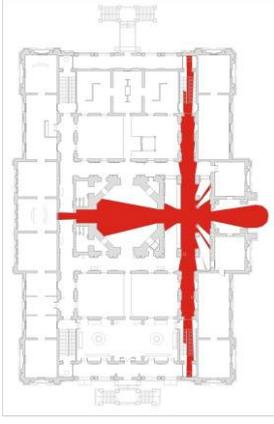
## 7. Pátio norte



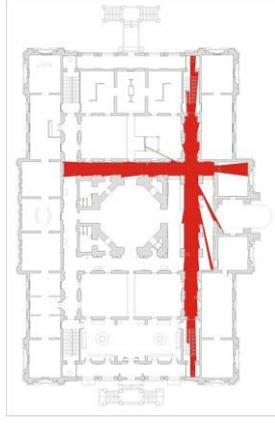
## 8. Encontro circulações leste e sul



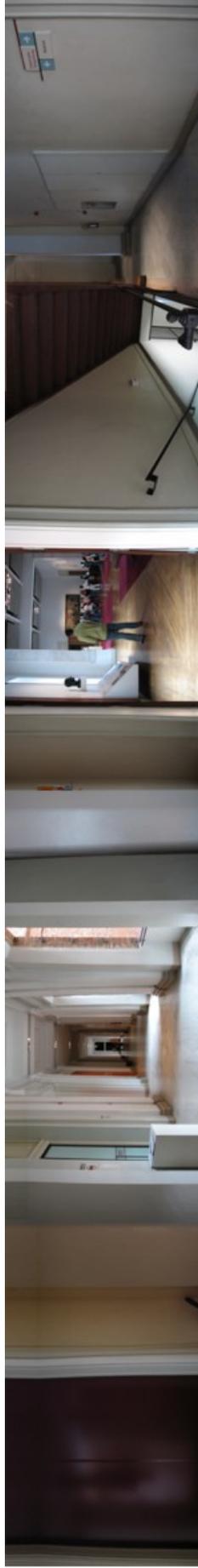
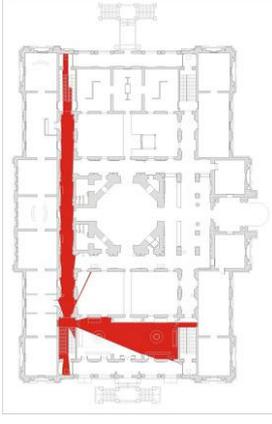
### 9. Encontro circulações leste e transversal central



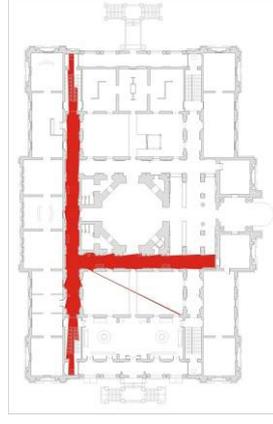
### 10. Encontro circulações leste e norte



## 11. Escada sudoeste



## 12. Encontro circulações oeste e sul



## Anexo 2

# Entrevista com Paulo Mendes da Rocha

O arquiteto concedeu entrevista ao autor, em 26 de janeiro de 2007, em seu escritório localizado no prédio do IAB em São Paulo, sendo questionado a respeito de percursos de visitação, acervo e iluminação entre outros aspectos da arquitetura de museus. Segue abaixo a íntegra das anotações feitas pelo autor na oportunidade.

Museus não gostam de manter um percurso fixo de visitação.

Whitney Gallery, obra de Hooper.

Mesmo um museu com um acervo determinado não tem intenção em manter o percurso igual.

Modifica-se por conveniência da graça e do êxito da museologia.

Museu deve prever uma imprevisibilidade enquanto discurso específico.

Recepção, sanitário, conforto dos funcionários deve prevalecer.

 xito e graça da imprevisibilidade.

Exemplo – pavilhão da Bienal

Espacialidade, exposição desfruta de uma matriz irretocável.

A arquitetura deve abrigar a imprevisibilidade da vida.

Museu – espacialidade como disponibilidade, não definição.

Exposição define percurso, mas mesmo assim a graça   romper o percurso, quem conhece arte rompe o “didatismo formal”.

Madri – Museu do Prado, atravessa na diagonal. Percurso definido – 4 horas para ver todo o museu.

Professor com alunos escolhe por si só.

O indivíduo escolhe o seu próprio percurso, essa   a graça.

Museu – lugar de descanso para turistas, descarrega a mochila, usa o banheiro e o café. Estratégia da recepção e da saída, guarda a bolsa. Junto

com a loja – lembrancinha. Administração – o mais discreto possível.  
Demanda do programa de qualquer museu. Acervo – administração.

Guggenheim de Nova Iorque não é um percurso obrigatório, apenas uma sucessão espacial.

Arquitetura que obriga é horrível, só presídios podem obrigar.

Arquitetura deve amparar a imprevisibilidade da vida.

Configurar o livre arbítrio, principalmente em uma atividade lúdica.

23ª Bienal de São Paulo – Louise Bourgeois – instalação, material complexo, Basquiat – 4 ou 5 telas, material fácil, paredes simplesmente - propus colocar o menino junto à velhota.

O artista não faz a obra para o museu!

Exposição: apropriação inesperada da obra do artista. História/origem do museu são os espólios de guerra. Não existe uma regra para construir um museu, tese sobre isso vira uma cartilha tola.

O museu tem que ser disponível e despojado, para que brilhe a obra de arte. A obra não quer perturbação, ela quer falar sozinha tudo. Vaticano é um atrolho, horrível, mas vale pelos artistas que tem.

Arte, discurso sobre o conhecimento.

Museu, algo que não é, mas está lá para acolher o que É, que é a arte.

Iluminação - hoje é toda artificial, lâmpadas, controles, iluminação é essencialmente artificial. Pode até simular no museu a iluminação natural.

Discurso teórico – tese. Por que não se livrar da luz natural?

Edifício-abrigo, por que deixar aberto?

Luz natural a rigor é uma besteira. Natureza, conjunto de fenômenos instáveis.

Intriga – exemplo – MUBE é subterrâneo, anúncio de que existe uma iluminação. 4 por 4 – marca um lugar, não ilumina nada.

Porque o homem não resiste a se lembrar de vez em quando de onde ele está. Uma memória do lá fora, mas não resolve nada em termos de iluminação do museu. No superior (praça) você não saberia que tem a clarabóia abaixo. Inicialmente seria aberta, choveria para dentro, mas fecharam com cristal para permitir a climatização.

Problema do MUBE – administração é pobre e ignorante.

Dissertação – deverá ser uma reflexão crítica, não uma reportagem.

Louvre, subsolo de 80x300 – vale pela reforma. Prédio funciona como atrativo – barroco. Pensamento – revisão crítica da história

Museu – é para refletir criticamente sobre a história. Artistas descrevem com a arte a possibilidade de uma total independência da história.

Durabilidade – coleção de pastéis do Toulouse Lautrec é escura, tem que ficar muito escuro. Vidros protegendo a obra, atrapalha mas é necessário. Vai acabar se não cuidar.

Coleção de tecidos – luz fria – ciclo descontínuo, atrapalhava, estava destruída.

Coleção de tecidos incas (British Museum) Exposição em gavetas.

Museologia altamente especializada.

Expor. Disponível do ponto de vista técnico para permitir por exemplo a exposição de esculturas.

Imprevisibilidade estética e técnica.

Iluminação também tem que ser flexível.

Disponibilidade de recursos, o melhor possível de forma a poder ampliar a conveniência desta ou daquela exposição.

Montei exposição de 400 gravuras de Goya, no escuro. Transporte, descarga e exibição. Túnel labiríntico dentro da Bienal. Espaçamento em função da distância entre pessoas, nem mesmo entre obras (muito pequenas).

Museu novo – adequada ao acervo.

MUBE – foi encomendado como museu de esculturas. Subterrâneo, porque a parte ao ar livre seria especial.

Recuos – espaços sem nenhuma dignidade, uma sobra.

Importante – espaço de exposição ao ar livre. Opções – o que sobra da construção? Indigno!

2ª opção, pátio interno. Arquitetura como o que não se quer... Pátio interno – colonial...

3ª Teto-jardim, porém é de difícil acesso.

Examinando a inclinação do terreno, surge a idéia de um subterrâneo, e todo o terreno sobra para a exposição. Esquina barulhenta, paredes protegidas pelo solo, climatização mais barata.

3 navetas para reduzir os vãos – 20m + 20m + 20m. Vigas de 2m de altura protendidas.

O volume se revela de modo intrigante lá embaixo. Terreno não mais natural. Horizontal, mas em níveis. Surge a viga como necessidade de marcar o lugar. Abrigo transverso. Viga, altura baixa para dar escala às esculturas. Onde pôr a pedra? Perpendicular à avenida. Escavando. Elogio das escavações na antiguidade monumental e se refere à atualidade da avenida. Perpendicular. Onde? Posição. Prolongamento da rua Portugal, altura de uma casinha.

Arquiteto estabelece razões como conseqüências do próprio engendramento. Resolvendo bem acentua a correção das escolhas.

Arquitetura – forma peculiar de conhecimento do homem. Tem que conhecer tudo para editar e reunir tudo na arquitetura.

Stonehenge – primórdios do conceito de arquitetura.

Tese sobre percurso – falsa questão.

Não existem modelos ideais de museus, mas tentativas. Cada novo museu deve ser uma invenção. Saber presumido com amparo histórico. Arquitetura é isso!

Whitney Museum – 5 andares, esquece clarabóia!

Hopper pintava da janela do hotel. Janela na parede para ver a cena urbana – semelhante ao quadro. Luz natural cambiante! Exposição define que luz, ela é artificial e pronto.

Van Gogh pintava com velas na borda do chapéu. Deve procurar estabelecer a luz mais adequada para a obra.

Iluminação artificial não tem nada que ver com arquitetura, porque esses engenhos você enfia em qualquer lugar.

Luz artificial – dificuldade técnica e deus!

Arquitetura – filosofia enquanto considerações de improbabilidade que temos que transformar em algo útil. Filosofia útil! Reflete-se para se tornar útil, razoável, não é nada abstrata, é uma abstração útil.

Arquitetura é o discurso sobre isso.

Tem que saber a técnica, conhecimento objetivo, mas é abstração. Estamos condenados a transformar o pensamento em coisas.

Tecido, madeira flutuante, junta tudo, vira barco, olha as estrelas e vai para a América.

As virtudes da coisa feita.

Para mobilizar tudo isso tem que saber que se está navegando na dimensão de uma peculiar forma de conhecimento, que abrange tudo e tem que ser transformado em uma coisa.

Coisas – ou entra ou bate – relação dentro/fora.

Natureza para a arquitetura não é paisagem, é fenomenologia da natureza. Catedral, engenho humano graças à gravidade, pedra cortada. É uma arrumação de uma pedra – inconveniência da gravidade se torna uma virtude. Torre – força da gravidade em cada pedra. Vertical não é, é convergente para o centro da terra. Virtude do concreto – pedra moída e montada de forma nova, com cálculo.

Percurso é eventual em cada momento histórico da exposição. Obras de arte são tão caras que mandá-las viajar é muito arriscado. Máfia de negócio de exposição – divulgação da arte, instrumento de paz... Trazer Stonehenge para um museu?

Guernica é um discurso. Picasso escolheu uma linguagem e a explorou, foi longe. Picasso, o primeiro feminista...

História da pintura – não precisa saber pintar para pintar, precisa ter um discurso.

Expandir a linguagem para novos assuntos! Arquitetura tem que refletir sobre o que é um museu para poder fazer um. Arquiteto faz uma coisa que não sabe o que vai ser, mas junta o que sabe e constrói um. Passa o problema para o próximo. Museu é um discurso para o outro continuar. Qual discurso está em curso? Transformar tudo isso em alguma coisa. E tem que dar um tempo para ver se é bom ou não. O povo tem que gostar. Como o pão, tá aí.

Questão do percurso pode abrir a tese, mas só para abrir uma discussão, não pode ser a idéia central da tese!

Premissa – não se está estabelecendo regras, mas possíveis aberturas. Derridá, lingüística, ver o que já se falou sobre isso.

Louvre novo, pirâmide não é nada, como luz, mas como forma, como símbolo. Pirâmide é a máquina de sua própria construção. Plano inclinado enquanto máquina.

3 pirâmides importantes: as do Cairo, sonhavam que fosse cristalina. Ursa maior, estrela visível, deixaram uma fresta para ver a estrela do túmulo. Pirâmide do Pei é uma homenagem a tudo isso. Entrada de Pei é muito elegante.

Niemeyer – Museu de Caracas, inverte a pirâmide. Lajes autoprotendidas seguram as paredes inclinadas.

Reflexão sobre arquitetura – 3 pirâmides.

Pirâmide Pei – cabos que utilizavam em aviões nas vigas-vagão. Conhecer as virtudes das possibilidades da técnica para fazer boa arquitetura.

Bruneleschi – catedral de Florença. Círculo como figura indeformável. Catedral de Brasília é a cúpula da catedral de Florença de cabeça prá baixo, permitida pelas novas técnicas.

FAU – engenharia (politécnica) + filosofia. Discurso da arquitetura.

Forma advém da virtude da forma em suas possibilidades estruturais.

Resultado técnico para permitir a construção de um certo espaço.

Artigas dizia: o importante é não enlouquecer.

Arquiteto como filósofo que interpreta o que os outros querem. Desde o início da humanidade. Tudo o que já se fez e pensou sobre museus.

Concreto – pedra líquida

Peristilo do templo grego, varanda da casa, “desfrutar da leveza da varanda final” (que só tem metade da carga).

# Referências Bibliográficas

## Livros

- Gibson, J. J. **The ecological approach to visual perception.** Hillsdale, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1986. 332p.
- Hillier, B. **Space is the machine : a configurational theory of architecture.** New York, Cambridge University Press, 1996. 463p.
- Hillier, B; Hanson, J. **The social logic of space.** Cambridge, Cambridge Press, 1990. 281p.
- Piñón Pallares, H. **Paulo Mendes da Rocha.** São Paulo, Romano Guerra Editora, 2002. 179p.
- Rocha, P. A. M.; Artigas, R. C. **Paulo Mendes da Rocha.** São Paulo, Cosac & Naify, 2000. 239 p.
- Rocha, P. A. M.; Doyle, A.; Artigas, R. C. **Paulo Mendes da Rocha: projetos 1999-2006.** São Paulo, Cosac & Naify, 2007. 158 p.

## Anais

- Beck, M.; Turkienicz, B. . **Visibility and permeability : complementary syntactical attributes of wayfinding.** International Space Syntax Symposium 7, 2009, KTH, Estocolmo, 2009.
- Brösamle, M.; Hölscher, C. **How do Humans Interpret Configuration?** Sixth International Space Syntax Symposium, ITU, Istambul, 2007.
- Dalton, R. C. **The Secret is to Follow your Nose.** Third International Space Syntax Symposium, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001.
- Dalton, R. Conroy; Bafna, S. **The syntactical image of the city: a reciprocal definition of spatial elements and spatial syntaxes.** Fourth International Space Syntax Symposium, Londres, 17-19 junho 2003.
- Desyllas, J.; Duxbury, E. **Axial maps and visibility graph analysis: a comparison of their methodology and use in models of urban pedestrian movement.** Third International Space Syntax Symposium, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001.
- Doxa, M. **Morphologies of Co-presence in Interior Public Space in Places of Performance - The Royal Festival Hall and the Royal National Theatre of London.** Third International Space Syntax Symposium, Atlanta, 2001.
- Franz, G.; Wiener, J. M. **Exploring isovist-based correlates of spatial behavior and experience.** Fifth Space Syntax Symposium, TU, Delft, p. 503-517, 2005.
- Kaynar, I. **Visibility, movement paths and preferences in open plan museums: An observational and descriptive study of the Ann Arbor Hands-on Museum.** Fifth Space Syntax Symposium, TU Delft, p. 503-517, 2005.
- Kim, Y. O. **The role of spatial configuration in spatial cognition.** Third International Space Syntax Symposium, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001.
- Penn, A. **Space Syntax and Spatial Cognition. Or, why the axial line?** Proceedings of the Third International Space Syntax Symposium, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2001

Penn, A.; Turner, A. **Space Syntax Based Agent Simulation**. Schreckenberg, Michael and Sharma, Som Deo, (eds.) Pedestrian and Evacuation Dynamics. Springer-Verlag, Berlin, pp. 99-114, 2002

Turner, A. **To move through space: lines of vision and movement**. Sixth International Space Syntax Symposium, ITU, Istanbul 12-15 junho 2007.

Yun, Y. W.; Kim, Y. O. **The effect of depth and distance in spatial cognition**. Sixth International Space Syntax Symposium, ITU, Istanbul, 2007

## Periódicos

Batty, M. **Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology**. Environment and Planning B: Planning and Design, v.28, n.1 p. 123-150, jan. 2001.

Benedikt M. L. **To take hold of space: isovists and isovist fields**. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 6, n.1, p. 47-65, 1979

Gimenez, Luiz Espallargas. **Paulo Mendes da Rocha, sutis pegadas do bicho arquiteto**. Revista AU – Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, Editora Pini, n. 79, ano XIV, p. 63-76, ago./set. 1998.

Peponis, J.; Dalton, R. C.; Wineman, J; Dalton, N. **Measuring the effects of layout upon visitors' spatial behaviors in open plan exhibition settings**. Environment and Planning B: Planning and Design v. 31, n.3, p. 453-473, 2004.

Peponis J.; Zimring, C.; Choi, Y. K. **Finding the Building in Wayfinding**. Environment and Behavior, n.22, p.555 – 590, set. 1990.

Stamps A. E. III. **Isovists, enclosure, and permeability theory**. Environment and Planning B: Planning and Design, v.32, n.5, p.735-762, 2005.

Rocha, Paulo Mendes da. **Paulo Mendes da Rocha comenta com entusiasmo a reforma da Pinacoteca**. Revista Projeto Design, São Paulo, Arco Editorial, n. 220, p. 46 - 52, mai. 1998.

Turner, A. **Analysing the visual dynamics of spatial morphology**. Environment and Planning B: Planning and Design, v.30, n.5,p.657- 676, 2003.

Turner, A.; Doxa, M.; O'Sullivan, D.; Penn, A. **From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space**. Environment and Planning B, v.28, n.1, p.103-121, 2001.

Turner, A.; Penn, A. **Encoding natural movement as an agent-based system: an investigation into human pedestrian behaviour in the built environment**. Environment and Planning B: Planning and Design, v.29, n.4, p.473-490, 2002.

## Outros

Hillier, Bill et. al. **Tate Gallery, Millbank: a study of the existing layout and new masterplan proposal**. University College London, London, UK, 1996. Disponível em: <[http://eprints.ucl.ac.uk/932/1/hillier-et-al-1996a\\_TateGallery.pdf](http://eprints.ucl.ac.uk/932/1/hillier-et-al-1996a_TateGallery.pdf)> Acesso em: 06 novembro 2006.

Meilinger T.; Franz G.; Bühlhoff H. H. **From isovists via mental representations to behaviour: first steps toward closing the causal chain**. Environment and Planning B: Planning and Design, publicação *online* advance online publication, 2009

Montes, M. L. (edição) **Acervo permanente e novas doações**. São Paulo, Edições Pinacoteca, 1999.

Pradinuk, R. Art **Gallery Room Sequences: pedagogic, social, categoric and mnemonic effects**. Dissertação de mestrado, Bartlett School of Architecture, University College London (UCL), Londres, 1986.

Rocha, Paulo Mendes da. **Entrevista concedida ao autor**. São Paulo, jan. 2007.