



O paradoxo da galeria progressiva: neurociência e morfologia aplicadas na análise do comportamento espacial em uma tipologia de galeria de arte.

Ana Luisa Rolim^a  e Luiz Amorim^b 

^a Universidade Católica de Pernambuco, Departamento de Arquitetura, Recife, PE, Brasil.
E-mail: anarolim@anarolim.com

^b Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Recife, PE, Brasil.
E-mail: amorim@ufpe.br

Submetido em 22 de outubro de 2022. Aceito em 31 de outubro de 2022.
<https://doi.org/10.47235/rmu.v10i2.264>

Resumo. *Focando no comportamento espacial de visitantes, investiga-se uma tipologia de espaço expositivo com arranjo sequencial de ambientes, denominada “galeria progressiva” (GP). Resultado de uma tese de doutoramento, propõe-se a interface entre neurociência e sintaxe espacial. Avalia-se o impacto de GPs na função atencional pela aferição da resposta de foco em visitantes em galerias virtuais. As hipóteses iniciais sobre GPs foram: campos visuais são altamente inteligíveis; leiautes deterministas levam à visita com maior foco e o espaço impacta decisivamente na visita, sobretudo quando rotas são limitadas. São analisados leiautes hipotéticos simples, exemplares históricos e duas GPs modernas, o Solomon R. Guggenheim Museum e o Museu do Crescimento Ilimitado. Posteriormente, procede a análise de variações complexas e, finalmente, a avaliação de percursos de visitantes e captura de foco durante navegação virtual em galerias, cerne deste artigo. O “Grau de Progressividade” e o “Índice de Variação de Picos de Foco” são introduzidos, levando à relação de proximidade entre geometria espacial e respostas neurais, que pode fornecer valiosos dados para projetos curatoriais e arquitetônicos. Resultados revelaram que a coexistência de inteligibilidade, boa intervisibilidade e geometria definidora de rotas, diferente da hipótese, não levou a respostas com maior foco, apontando para o paradoxo em questão.*

Palavras-chave. *Cognição espacial, Estudos Museológicos, Neurociência e Arquitetura, Sintaxe Espacial, Realidade Virtual*

Introdução

Em estudos prévios (Rolim *et al.*, 2017; 2019, 2022), discutimos o conceito de Galeria Progressiva (GP) como um tipo de espaço expositivo fortalecido após a Revolução Francesa, cuja configuração apresentava unidades espaciais sequenciadas *enfilade*. Geralmente retangular, o espaço expositivo linear e contínuo facilita a navegação e a apreciação sequencial das obras de arte expostas nas paredes laterais (Bennett, 1995; Sutton, 2000). Dois casos emblemáticos de GPs – o Solomon R. Guggenheim Museum

(MG) e o Museu do Crescimento Ilimitado (MCI) – foram examinados com o intuito de avaliar em que medida a configuração determinista das GPs (Choi, 1997) interfere na visita quanto a encorajar visitantes a explorar o espaço e a fortalecer sua natureza social.

Análises sintáticas e observações *in loco* permitiram formular uma matriz morfológica de GPs, cuja robustez foi posteriormente testada por meio de simulações de agentes autômatos em leiautes hipotéticos, cuja métrica e configuração derivam dos referidos casos. As variações iniciam com uma galeria

principal longa, estreita e com paredes retilíneas, gradualmente convertidas em superfícies senoidais, chanfradas ou com nichos adicionados. Mutações sequenciais adicionam células à galeria, como ocorrera no MG após o projeto de reforma de 1992.

Desenvolvimentos subsequentes levaram às seguintes questões: a) seria possível conciliar a natureza determinística das GPs a uma experiência de visita exploratória? b) a condição progressiva fortaleceria a natureza social e proporcionaria uma navegação inteligível com boa resposta de foco dos visitantes?

A neurociência informa sobre experiências cognitivas geradas pelo cérebro humano em

ambientes construídos, conhecimento complementar à instrução sobre movimento e campos visuais da sintaxe espacial (SE). O interesse na neurociência está na resposta de foco enquanto medida de atenção fixa para uma dada tarefa, indicando seu nível ou profundidade (Radek, 2011; Menon, 2015).

Para responder às questões procurou-se associar a análise morfológica de leiautes hipotéticos e experimentos de Eletroencefalografia (EEG) em realidade virtual (RV), que incluíram navegação em três tipos de GPs senoidais: única (U), dupla simétrica (DS) e dupla assimétrica (DA), com e sem obras de arte (Figura 1).



Figura 1. Galerias U, DS e DA, com e sem obras de arte, testadas nos experimentos (fonte: elaborada pelos autores)

Sintaxe Espacial e Neurociência: base teórica para uma interface

O conhecimento do nosso mapa neurológico, sistema sináptico e químico nos últimos 30 anos transcende as ciências naturais, traduzindo-se às ciências humanas, cujas origens remetem à aproximação entre ciências biológicas e psicologia da estética e arte no século XIX. Esse contexto coincide com a emergência da tradição moderna na neurociência de observar, manipular e medir, para conhecer-se o funcionamento do cérebro (Mallgrave, 2013; Gazzaniga *et al.*, 2014).

A neurociência é uma ciência interdisciplinar de suporte a várias disciplinas, como a ciência cognitiva, focando na relação cérebro-comportamento por meio de processos humanos internos, como sensação, percepção, cognição, memória e emoção (Albright, 2015). Na década de 1960, as ciências comportamentais já antecederam a conexão entre neurociência e arquitetura. Formulada a partir dos anos de 1970, a teoria da lógica

social do espaço (Hillier; Hanson, 1984), em sua publicação seminal afirmava seu interesse em proposições na antropologia sobre organização espacial humana (Hillier *et al.*, 1976).

Fundamenta-se no entendimento de que o argumento teórico é a geração da morfologia a partir de um conjunto de objetos básicos, relações e operações, cuja combinação formaria a sintaxe, que, apontando similaridades e diferenças objetivas em um conjunto de fenômenos, explicaria padrões característicos em cidades e edifícios. Pode-se associar a SE à neurociência pelo interesse no comportamento humano, notadamente quanto à investigação sobre a cognição e percepção.

Segundo Hillier e Tzortzi (2011), estudos museológicos baseados na SE remontam a 1982 (Peponis; Hedin, 1982), incluindo abordagens sobre cultura do espaço e visitação, relevantes para essa pesquisa (Psarra; Grajewski, 2000, 2002; Psarra, 2005; 2018). Funções comportamentais e cognitivas em espaços expositivos conformam outra

temática importante (Peponis, 1993; Peponis *et al.*, 2003; Stavroulaki; Peponis, 2003).

Para Tzortzi (2015), o interesse acerca da configuração da circulação em leiautes marca esses estudos, apontando quatro temas-chave, diretrizes dessa pesquisa: relação entre arranjo espacial em galerias sequenciais e modo como pessoas movem-se e as exploram; inteligibilidade do leiaute; visualização de objetos e o museu enquanto espaço social.

Cidades e edifícios são estruturados para tornar o movimento físico de corpos eficiente e inteligível a nossas mentes (Hillier, 2003). O conceito de inteligibilidade está associado à inferência do todo a partir das suas respectivas partes. Quanto mais inteligível o sistema espacial for, mais facilitada se fará a navegação.

Sobre cognição, interessa o modelo de simulação com agentes autômatos por Turner e Penn (2002) e Turner (2003; 2007a; 2007b). Ajudando a visualizar a interação da visão natural entre indivíduo e ambiente, foca na conexão entre locações mutuamente visíveis em um arranjo, gerando níveis agregados de movimento semelhantes àqueles em ambientes reais.

Conroy-Dalton *et al.* (2015) defende a sinergia entre neurociência, ciência cognitiva e SE, encorajando colaborações nas seguintes áreas: aquisição de informação espacial; orientação via *wayfinding*; ambientes de múltiplos pavimentos e navegação e inteligibilidade, cerne dessa pesquisa. Na neurociência cognitiva (NC), parte-se da medida cognitiva de foco resultante de interações entre redes neurais específicas, como a rede de saliência (SN).

A NC investiga como “as funções do cérebro físico podem produzir os pensamentos e ideias de uma mente intangível” (Gazzaniga *et al.*, 2014, p. 4), concentrando-se na ativação da mente pelo cérebro como um todo ou por partes especializadas operando com relativa independência. Entre outros aspectos, examina a tomada de decisões e atenção, enfoque deste estudo.

A SN localiza-se na interface dos sistemas cognitivo, homeostático, motivacional e afetivo do cérebro. Tem papel crucial em identificar estímulos endógenos e externos,

relevantes biológica e cognitivamente, e em guiar comportamento. Contribui para várias funções cerebrais complexas, incluindo comunicação, comportamento social e autoconsciência pela integração de informação sensorial, emocional e cognitiva (Spreng *et al.*, 2013; Menon, 2015; Ashwal, 2017).

Dois circuitos conectam-se à SN: a Rede do Modo Padrão (DMN) e a Rede de Atenção Dorsal (DAN), que se interliga à Rede de Controle Executivo (ECN), por sua vez, conectada a outras redes. A DMN atende a cognição internamente, com mais atividade no estado de repouso. A DAN parece ser responsável pela consciência extrínseca, orientando o foco para tarefas. A ECN volta-se à cognição orientada por objetivo, ajudando as duas primeiras com movimento do olho, filtragem de estímulos e modificação e orientação da atenção (Spreng *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2014; Gazzaniga *et al.*, 2014) (Figura 2).



Figura 2. Diagrama da rede de saliência (Fonte: elaborado pelos autores).

Conjunto de Dados e Métodos

Examinamos o comportamento de visitantes em três tipos de galeria por rastreamento de percursos, observando campos de visão e o foco durante navegação em RV, para compará-los ao comportamento de agentes autômatos, aferido por análise sintática.

Os parâmetros globais e dos agentes (Turner; Penn, 2002) foram calibrados com base nos testes em RV, incluindo grid de 75cm x 75cm (passo médio adulto); acesso único à galeria principal; média de 12 passos antes de mudança na direção e tempo total de visitação de 186 *timesteps* (.5 segundos/passos), relacionado à média de tempo (93s) despendida. As simulações envolveram 20 e 10 agentes.

Participantes dos testes em RV incluíram 10 estudantes de arquitetura e urbanismo, do gênero masculino e feminino, entre 18 e 28 anos. Utilizou-se uma Interface Cérebro-Computador (BCI) com *headset* (Insight 5-Channel Mobile EEG) para monitoramento eletrofisiológico da atividade cerebral e, para capturar a experiência em RV, o conjunto Oculus Rift + Touch Virtual Reality System VR e joystick. Os equipamentos manipulados pelo pesquisador incluíram dois sensores de piso (Oculus Sensor), laptop e telefone celular com o aplicativo EmotivBCI, conectado via Bluetooth ao *headset*.

O EmotivBCI considera o foco para uma tarefa específica, quantificando a profundidade de atenção e a frequência na qual alterna entre tarefas. Um alto nível de alternância indica falta de foco e distração. É possível visualizar e treinar quatro tipos de fluxos de dados, dos quais usamos as métricas de performance, dispostas na frequência de 0.1 Hz, com controle passivo e contínuo conforme estado cognitivo em tempo real e avaliação de foco. A medição dá-se na escala de valores de 0 a 100 que são relacionados ao tempo de resposta em um gráfico (EMOTIV, 2015).

O ambiente de testes dispunha de iluminação e ventilação natural adequadas, medindo 7m x 10m e pé direito de 3m, no qual, uma área de

4m x 4m, livre de barreiras, foi usada para navegação. A altura da câmera ajustava-se ao usuário a partir da cota 0.00m e ângulo de visão de 90 graus. Revit (AUTODESK, 2017) foi usado para os modelos 3Ds básicos e Unreal Engine 4 (EPIC GAMES, 2019) para modelagem final e captura de navegação em tempo real.

Antes de navegar pelas três galerias senoidais, cada participante familiarizava-se com os dispositivos, podendo circular livremente, para visualizar todo o espaço. Entre uma galeria e outra havia um espaço exterior neutro. Cinco voluntários visitaram galerias com obras de arte (GcA) e os demais, galerias sem obras de arte (GsA), computando 30 leiautes.

Morfologia das galerias

Com artefatos nas paredes longitudinais e nenhum outro recurso visual, entende-se que a configuração pura de GP permitiria um percurso ininterrupto através de uma sequência única de espaços, conformando uma galeria principal linear, que amplia o foco de visão, cobrindo uma distância maior (Hillier, 2003).

Propõem-se variações a esse modelo segundo uma lógica simples. Uma galeria puramente progressiva, uniaxial e uniconvexa ganhou cavidades adjacentes, e foi gradualmente alterada transversalmente (deformação de paredes) e longitudinalmente (deslocamento dessas paredes), tornando-se multiconvexa. Posteriormente, uma rede de células espaciais agregadas (CEAs) foi acrescentada fora desta galeria. Mede-se o quanto tais transformações dificultaram a informação visual sobre espaços adjacentes e sua exploração peripatética, desafiando a progressividade da galeria (Figura 3).

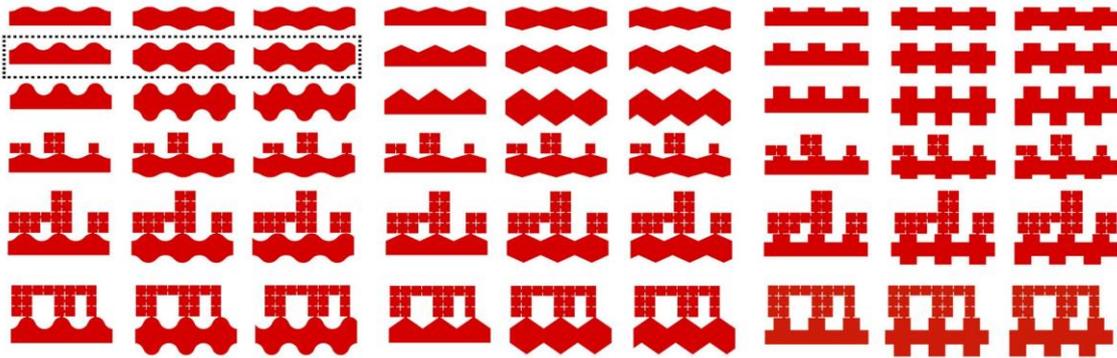


Figura 3. Variações de leiaute senoidais, chanfros e nichos analisados, destacando casos testados em RV (fonte: elaborada pelos autores)

Design da exposição e do interior

As galerias têm materialidade neutra e iluminação ambiente, com uma janela na parede oposta ao acesso. O piso é em concreto com epóxi e as paredes e teto na cor branca, acabamento fosco. Todas as 23 telas expostas são da artista norte-americana Sadie Benning, cujo trabalho foca na masculinidade versus a feminilidade, e nos desafios de ser jovem, escolhido pela natureza figurativa, com personagens em cores vibrantes e de fácil assimilação.

Priorizando posicionamento sobre conteúdo, as obras foram organizadas, em cada parede longitudinal, a partir do eixo central, de acordo com tons predominantes, segundo modelos composicionais por Hilla Rebay, primeira diretora da Solomon R. Guggenheim Foundation (Vail, 2009). Rebay favoreceu obras de diferentes proporções, enfatizando como diretrizes: manter uma posição central no arranjo; usar cores harmonizadas entre si; posicionar peças próximas ao piso e alinhadas pela moldura inferior, e selecionar obras evitando o efeito *pot pourri* (Figura 4).

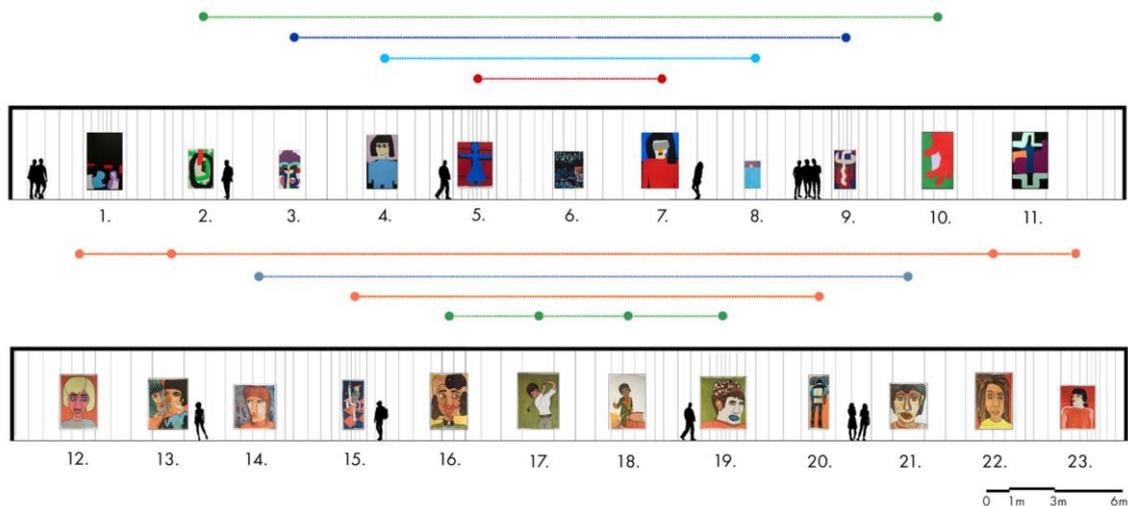


Figura 4. Figura em largura inteira e alinhamento com o texto (fonte: elaborada pelos autores)

Resultados

Antes de apresentar os resultados dos testes em RV e EEG, serão endereçadas as principais descobertas da análise sintática para, posteriormente, compará-las com os experimentos.

O objetivo foi acessar o Grau de Progressividade (GdP) em leiautes de GPs por

associação a medidas sintáticas de Conectividade Relativa (RC), Profundidade Média (MD), Integração (HH), Inteligibilidade (R2) e Conectividade Visual (CV), obtidas por análises convexa e de visibilidade (VGA) de 54 variações de leiaute. Também foram elaboradas contagem de portões e mapas de percursos com agentes autômatos.

Enfocam-se aspectos que apoiam os objetivos da pesquisa: investigar a relação entre leiautes e padrões de exploração por visitantes; aferir inteligibilidade e avaliar em que medida essa condição favorece a galeria como espaço social.

Análise convexa e VGA

A conectividade (C) refere-se a relações de permeabilidade entre unidades espaciais adjacentes. C resultou semelhante nas galerias sem CEAs, variando de 2 a 3, com os seguintes valores médios: C=2.44 (senoidal); C=2.66 (chanfro) e C =2.66 (nicho). Mesmo com o aumento de espaços convexos nas galerias com CEAs, a C média foi mantida (2-3).

A medida de RC é relevante para configurações de tamanhos diferentes. Associa o número de espaços convexos a outras variáveis, como número de anéis de circulação, podendo ser expressa como $RC = c - (p-1) / 2p-5$, onde “c” representa o número de conexões e “p” o número de espaços convexos (Amorim, 1999). Os valores de RC variam de zero a 1. Devido ao papel fundamental da galeria principal, os grafos justificados revelaram predominantemente estruturas do tipo árvore, como nos leiautes sem CEAs (RC=0). Em galerias com CEAs, os valores aumentaram ($0.04 \leq RC \leq 0.17$), indicando que, mesmo com células adicionais, a RC permaneceu baixa.

Igualmente, a média de MD nos leiautes sem CEAs foi baixa (1.63). Em casos com CEAs, o valor aumentou um pouco (MD=1.98). Considerando as famílias de formas, a MD foi de 1.8. Portanto, as CEAs não afetaram significativamente estes valores, talvez um aspecto positivo para exposições, pois estes espaços envolveriam distâncias sintáticas curtas.

A CV computa o número de espaços visíveis de outro espaço, contados pelo posicionamento do campo de isovista de cada espaço e que espaços são cobertos por esta isovista (Benedikt, 1979, Tzortzi, 2015). Nas 54 variações, a CV decaiu em todas as famílias com CEAs com um ou mais anéis de circulação (Hillier; Tzortzi, 2011). As menores médias ocorreram em galerias sem CEAs: 1.5 (U), 2.5 (DS e DA). Os valores mais altos, em galerias com CEAs, variaram

de 3.0 (deformação única e cavidades rasas) a 7.0 (deformação dupla e cavidades profundas). Contrastando C e CV, os maiores valores permaneceram na galeria principal. No geral, nem sempre houve correlação entre o aumento dessas medidas.

R2 correlaciona o atributo local de C à medida global HH, identificando quão facilmente um visitante, em uma posição local, entende a estrutura global do sistema (Conroy, 2001). Na análise convexa, 46% dos leiautes apresentaram correlação perfeita ($R2=1.0$), todos sem CEAs. Valores muito baixos ($R2=0.17$) foram recorrentes nas variações com cavidades profundas e deformação unilateral, e na galeria nicho médio DS com CEAs. Mesmo sem diferenças abruptas por família, dentre as galerias com CEAs, os índices variaram quando contrastados aos tipos de deformação e cavidade, oscilando mais nas reentrâncias profundas. Assim, a inteligibilidade em leiautes mais complexos (com CEAs) foi mais afetada pela forma e posicionamento das paredes limítrofes do que pela profundidade das cavidades.

A média geral de R2 foi pronunciada, com valores semelhantes: $R2=0.70$ (senoidal); $R2=0.74$ (chanfro) e $R2=0.73$ (nicho). Como galerias sem CEAs (mais progressivas) apresentaram valores de R2 mais altos do que as sem CEAs, confirmou-se uma das hipóteses iniciais: quanto à permeabilidade física, leiautes mais progressivos também são mais inteligíveis.

Quanto à VGA, analisou-se primeiro a HH e a CV. A HH quantifica o esforço informacional exigido para ver todos os pontos a partir de todos os demais pontos (Hillier, 2003). Contrastando a HH nas galerias com e sem CEAs, as primeiras mostraram-se menos integradas. Considerando a HH geral ($3.1 \leq HH \leq 17.5$), valores menores ocorreram nas galerias com CEAs, independente da família ($3.1 \leq HH \leq 3.9$).

Assim, as galerias sem CEAs obtiveram uma melhor performance de HH, indicando que, quanto mais progressivas, mais facilmente visitantes podem explorá-las. Com valores mais altos na galeria principal, haveria mais chances de visitantes serem ali vistos e verem outros, reforçando sua relevância enquanto espaço social.

A CV mede o número de conexões diretas de um espaço, considerando que as conexões visuais informam o quanto este é visualmente conectado a outro. No geral, a CV comportou-se menos linearmente do que a HH, com valores recorrentes razoavelmente equilibrados: 26% ($606 \leq CV \leq 699$); 22% ($408 \leq CV \leq 496$) e 20.5% ($501 \leq CV \leq 591$). Dentre esses, 65% ocorreram em galerias com CEAs. Semelhante à HH, os valores mais altos de CV deram-se em galerias sem CEAs, incluindo 5 casos com taxas entre 800-1000 e 700-799, e 13 casos entre 600 e 699. Mesmo que por uma margem concisa, pode-se afirmar que em galerias mais progressivas, há propensão à maior CV.

No geral, 78% das galerias mostraram-se inteligíveis visualmente ($R2 \geq 0.50$), quase todas com CEAs (26 dentre 27). Nos exemplos com nicho, valores mais altos distribuíram-se quase equitativamente. No geral, a maioria dos valores médios a altos em leiautes sem CEAs ocorreram em galerias com deformação dupla de paredes, com apenas 3 casos de deformação unilateral (Quadro 1).

Dada a alta R2 geral e maior HH na galeria principal, é plausível confirmar a hipótese de que GPs têm campos visuais altamente inteligíveis ou que a progressão está intimamente relacionada a valores mais altos de HH e ao grau de conectividade.

Quadro 1. Legenda do quadro (fonte: elaborado pelos autores)

	SENOIDES				CHANFROS				NICHOS			
	Leiautes	Integração (HH) VGA	Conectividade visual (CV)	Inteligibilidade visual (R2)	Leiautes	Integração (HH) VGA	Conectividade visual (CV)	Inteligibilidade visual (R2)	Leiautes	Integração (HH) VGA	Conectividade visual (CV)	Inteligibilidade visual (R2)
Sem Células Espaciais Agregadas (CEAs)		515.01	654.93	0.115		451.23	699.57	0.127		217.36	660.11	0.292
		168.09	735.92	0.316		281.9	751.72	0.096		88.86	673.88	0.718
		160.78	731.45	0.35		299.91	749.16	0.091		87.11	673.58	0.715
		157	670.82	0.249		277.18	718.74	0.094		58.47	644.78	0.71
		69.56	778.34	0.636		97.47	800.88	0.369		31.07	665.43	0.932
		64.59	764.18	0.638		89.11	795.8	0.482		30.56	663.94	0.928
		68.67	689.25	0.538		128.08	734.56	0.085		39.43	633.83	0.837
		36.68	817.79	0.8		47.71	860.12	0.719		22.89	661.95	0.963
		37.12	809.97	0.813		45.58	849.72	0.712		22.45	667.67	0.961
Com Células Espaciais Agregadas (CEAs)		14.52	505.36	0.924		14.75	501.59	0.928		13.45	467.49	0.939
		15.88	580.6	0.923		16.44	591.16	0.923		13.61	507.09	0.944
		16.95	583.81	0.924		17.54	606.48	0.917		13.66	507.53	0.944
		8.09	426.8	0.912		7.84	398.56	0.92		6.84	348.97	0.903
		8.31	485.06	0.912		8.66	496.38	0.924		7.59	429.6	0.917
		8.26	478.34	0.918		8.33	491.93	0.91		7.38	408.04	0.918
		7.96	419.97	0.917		7.89	425.51	0.898		7.13	373.03	0.895
		8.31	566.75	0.917		9	567.91	0.904		7.58	439.06	0.906
		9	548.51	0.924		8.95	562.81	0.907		7.5	435.6	0.909

- Nenhuma - igual ou menor a zero;
- Insignificante - até 0,20 (6 galerias - 11%)
- Leve - 0,21 a 0,39 (5 galerias - 9,5%)
- Moderada - 0,40 a 0,69 (4 galerias - 7,5%)
- Pronunciada - 0,70 a 0,89 (9 galerias - 16,5%)
- Muito pronunciada - 0,90 a 0,99 (30 galerias - 55,5%)
- Perfeita - 1,0

Análise de agentes autômatos

Na contagem de portões, os fluxos foram isolados em quatro grupos conforme o número de agentes, variando do menor ao maior quantitativo nos portões: grupo 1 (8-12; 8-11); grupo 2 (7-10; 7-11); grupo 3 (6-8 a 6-9; 5-7 a 5-9) e grupo 4 (4-5 e 4-6). Considerando todas as galerias, os fluxos mais densos (7-12) predominaram nas galerias sem CEAs (52%), com 48% naquelas com células.

Montantes maiores (8-11; 8-12) ocorreram em três galerias rasas, duas senoidais duplas (S e DA) e em uma galeria nicho U, e, dentre os grupos mais densos, houve 13 casos com CEAs e 16 sem CEAs. Portanto, fluxos maiores foram mais comuns em galerias sem CEAs. Reforçando isso, dois casos com portões menos densos (4-5; 4-6) foram observados em galerias com CEAs, e apenas em um caso sem CEAs. Portões mais densos repetiram-se no eixo central das galerias principais, justificando o padrão de seleção de destino e a força desse espaço. Apenas em uma galeria chanfro com CEAs (com múltiplos anéis de circulação) houve densidade fora da galeria principal.

A comparação geral entre fluxos mais densos e picos de HH revelou que estes não coincidem. A coincidência de picos foi mais recorrente em galerias com nicho duplo com cavidades médias e em um caso com nichos mais profundos (três com e uma sem CEAs). Houve certa sobreposição em três casos senoidais duplos com cavidades profundas e em um caso com cavidades médias, mas não tão claramente como nas galerias nicho. Em galerias chanfro, nenhuma sobreposição foi detectada. Dentre sete exemplos com sobreposição pronunciada, quatro tinham CEAs e três, não, incluindo um caso de galeria U e os demais equitativamente distribuídos em DS e DA. Em nenhum desses havia cavidades rasas (Figura 5).

Não foi possível encontrar confluência entre densidade de portões e HH. A forma das paredes limitantes pareceu influenciar neste aspecto, pois detectou-se uma sobreposição significativa em alguns leiautes-nicho. Entretanto, nestes, picos de HH foram muito menores, decaindo à medida que cavidades tornavam-se profundas. Contudo, os campos visuais mais privilegiados em galerias nicho resultaram maiores do que em outras famílias,

especialmente quando havia fluxos mais densos.

Quanto aos mapas de percurso, os aglomerados mais densos ocorreram próximos ao eixo central da galeria principal. Houve um número considerável de percursos, especialmente em cavidades profundas, mas houve poucos fluxos nas CEAs.

Computando-se as rotas nas cavidades por deformação de paredes, forma e profundidade, com 20 agentes (AG) simultaneamente em cada, revelou mais agentes ativos nas cavidades de galerias sem (AG=477) do que com CEAs (AG=448). Possivelmente, uma maior permeabilidade entre cavidades impulsionou a exploração das células, reduzindo a atividade nas cavidades. A cavidade mais frequentada foi a C03 (oposta ao acesso), seguida da C06 (à direita da entrada, na parede inferior da planta) nas galerias duplas sem CEAs. No todo, houve mais atividade nas galerias com cavidades profundas e menos fluxo nas galerias com cavidades rasas.

A presença de mais agentes nas cavidades mais profundas coincidiu com os graus mais altos de CV e de R2 visual. A análise de HH e CV revelou valores um pouco mais altos nas galerias chanfro, possivelmente porque estas exigiam menor esforço informacional do que nas galerias nicho.

Para igualar experimentos em RV, mapas de percursos de 10 agentes foram observados em galerias senoidais médias, mostrando mais movimento nas cavidades C01 e C03 (17 rotas cada). Comparando os leiautes S e DA, mais percursos foram encontrados na cavidade C03 dos segundos. Em ambas as simulações (20 e 10 agentes), houve maior fluxo de percursos na cavidade C03, porém, com 10 agentes, mais percursos foram registrados na galeria DA.

Sobre a matriz inicialmente anunciada, a contagem de portões e mapas de percursos confirmaram a concentração de ocupação e movimento ao longo do eixo central da galeria principal, independente da forma ou profundidade de cavidade. Além disso, os aglomerados mais densos de percursos foram mais recorrentes na galeria principal do que nas células adicionadas, reforçando a progressão nesses espaços.

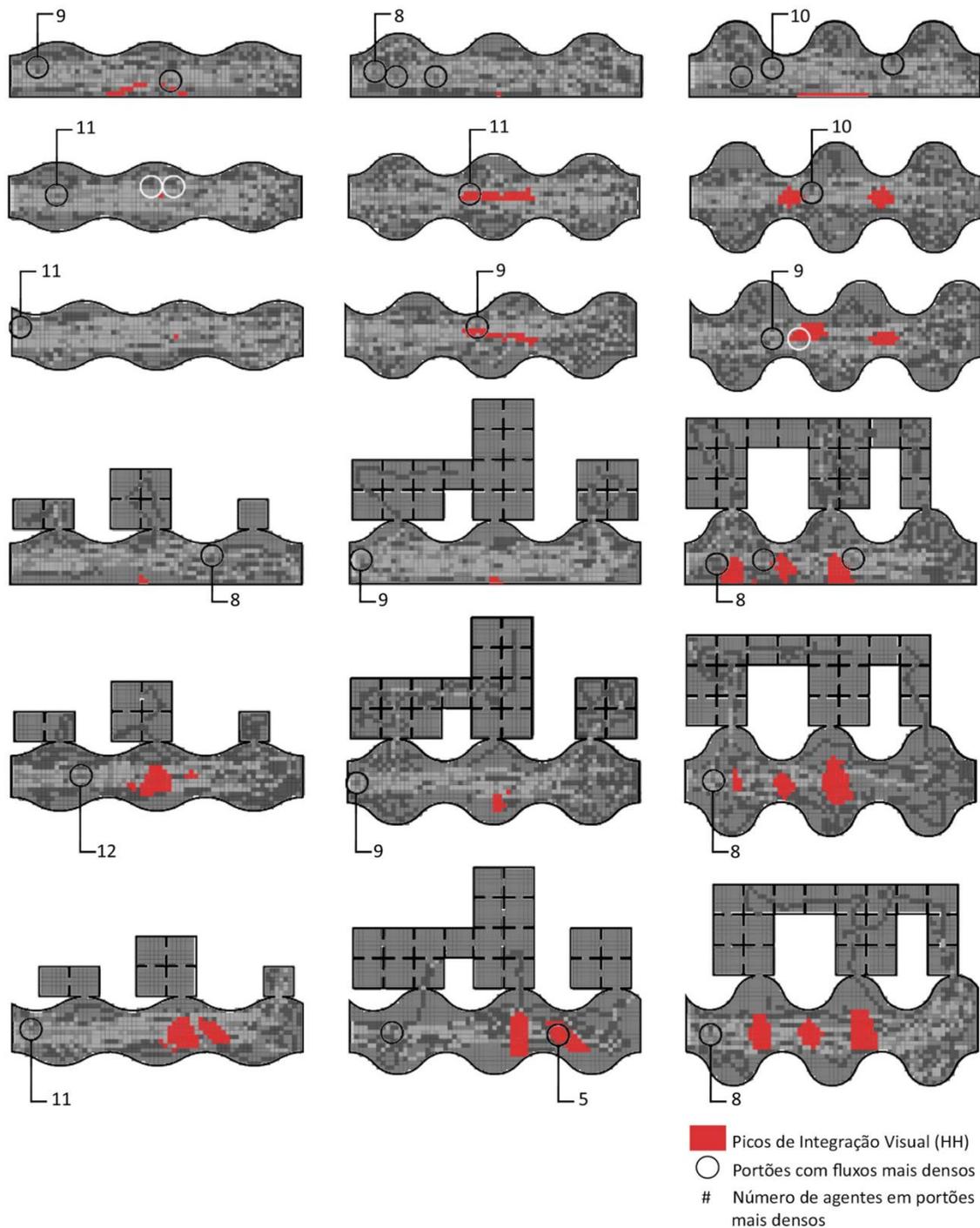


Figura 5. Picos de integração visual (HH) sobrepostos aos fluxos mais densos nos mapas de contagem de em galerias senoidais (fonte: elaborado pelos autores).

Experimentos em realidade virtual imersiva

As análises em RV e EEG envolveram comportamento espacial e a métrica de foco. Após extrair dados de plataformas digitais e organizá-los em dois grupos de galerias - com arte (GcA) e sem arte (GsA) - produziram-se mapeamentos de rotas e, destes, mapas de pico de foco (PF) de acordo com respostas dos

visitantes, que indicaram a localização dos valores mais altos. Os passos seguintes incluíram recortes e sobreposições desses mapeamentos para estabelecer relações entre comportamento espacial e respostas do cérebro.

Iniciou-se pelo mapeamento dos PFs de cada visitante, independente do valor (0-100), depois restritos a índices mais altos (51- 100).

Posteriormente, o Índice de Variação de Picos de Foco (IVPF) foi computado para expressar a alternância entre PFs, já que um alto nível de oscilação entre tarefas e de picos poderia indicar falta de foco e distração.

4.4 Percursos de Visitantes

As visitas seguiram a mesma sequência de galerias, primeiro a S, depois a DS e, por último, a DA. Tempos de percurso e visitação foram registrados para verificar a relação entre sequência de visitação e tipo de galeria, e foram contados os percursos de visitantes nas cavidades. O tempo geral de visitação por galeria foi de 93 segundos (s). Em geral, o visitante que passou a maioria do tempo em uma galeria fez o mesmo em outras. Todos os voluntários despenderam mais tempo na primeira galeria e períodos muito semelhantes nas outras, talvez devido ao efeito do interesse

inicial, que tende a reduzir conforme dá-se exploração das galerias adicionais (Melton, 1935).

As visitas mais longas ocorreram nas galerias DSs e as mais curtas em DAs sem arte (28s). Todas as visitas mais curtas (até 50s) aconteceram em GsA assimétricas. Essa diferença significativa de tempo provavelmente explica-se pela maior quantidade de elementos a serem explorados quando havia arte.

A observação de padrões de rotas e tempos de visita mostrou que, independente da forma e presença de arte, as rotas concentravam-se mais na galeria principal do que nas cavidades, semelhante ao comportamento dos agentes. Em geral, mais agentes acessaram cavidades do que visitantes e seus percursos apresentaram-se mais espalhados (Figura 6

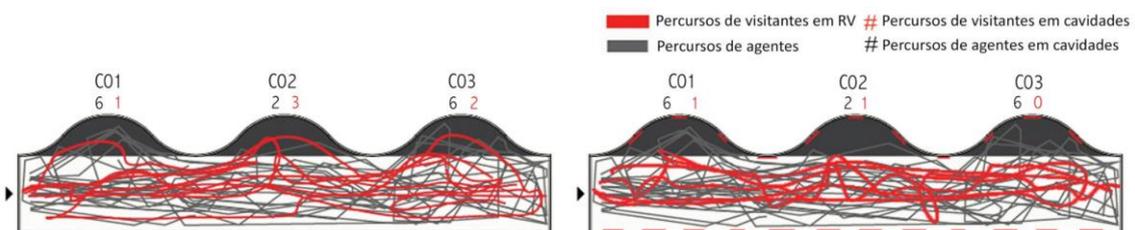


Figura 6. Picos de integração visual (HH) sobrepostos aos fluxos mais densos nos mapas de contagem de em galerias senoidais (fonte: elaborado pelos autores).

Foco dos Visitantes

Do aplicativo EmotivBCI foi gerado o gráfico de Picos de Foco (PFs). A representação dos dados desenvolvida foi experimental, visando facilitar associações visuais com as análises sintáticas. Semelhante a Melton (1935), os valores de PFs seguiram uma escala de significância: inexistente (zero); insignificante (1-10); muito leve (11-30); suave (31-50); moderada (51-70); pronunciada (71-90) e muito pronunciada (91-100). PFs foram mostrados em leiautes referenciando seu ponto de origem e a direção da visada (ponto com seta).

As maiores médias de PFs registradas nas GsA e GcA foram, respectivamente: S (PF=41; PF=39), DS (PF=37.5; PF=31) e DA (PF=31.8; PF=22.6). No geral, PFs foram mais baixos do que moderados, permanecendo em uma escala suave (31-50), com exceção da galeria DA sem arte (22.6).

Portanto, pode-se dizer que a resposta de foco não obteve uma boa performance.

Observou-se uma baixa correlação (R^2) entre duração de visitas e valores de PF. Casos de visitas muito longas obtiveram menores valores e, inversamente, valores mais altos foram registrados em visitas mais curtas. Incluindo GcA e GsA, as galerias únicas (S) apresentaram o valor mais baixo ($R^2=0.25$), aumentando nas galerias DS e na DA (respectivamente, 0.44 e 0.65).

Dentre todos os valores de PF (taxa de 1 a 100), o número total de picos por família, sem e com arte (GsA; GcA) foi, respectivamente: S (61; 59), DS (53; 61) and DA (ambos 58). Isolando os picos mais altos (51-100), apesar das semelhanças, houve uma quantidade um pouco maior nas galerias simétricas e, dentre estas, percebeu-se uma diferença entre DS (35 picos) e as demais (44 picos cada). Com base nestes resultados, a presença de arte não influenciou significativamente o número de PFs alcançados. Considerando a quantidade e

valores de PFs e tempo despendido, os resultados sugeriram um aspecto relevante. Assim como a duração das visitas decaiu após a primeira galeria (SU), o número de PFs comportou-se da mesma forma.

Aglomerados de PFs foram mapeados, primeiro individualmente, depois sobrepondo-os aos tipos de galerias. Especialmente naquelas sem arte, rotas mostraram-se mais dispersas e próximas às cavidades, o que poderia indicar uma visita mais exploratória, mas, ao mesmo tempo, devido à falta de um ponto de orientação (TRÖNDLE, 2014), com menos foco.

Em GcA, onde as taxas de foco mais baixas ocorreram, percursos mostraram-se mais densamente aninhados e concentrados na galeria principal, mas os padrões espalhados de PFs e de percursos mostraram-se mais semelhantes entre si nas galerias sem arte, o que pode indicar que o foco dos visitantes foi mais afetado pela geometria da galeria.

Verificando essa influência, foram mapeadas as visadas em todas as galerias. Onde se detectou maior sobreposição de visadas e PFs, houve uma clara diferença entre o comportamento visual em galerias sem e com arte. Nas primeiras, independente da forma, quando estavam mais focados, as visadas dos visitantes coincidiram e apontaram em direção ao final da galeria.

Em GsA, a maior sobreposição de visadas espalhou-se mais equitativamente no espaço. A sugestão de que vistas sofreram influência da presença de arte parece plausível, levando à essa dispersão. Nestes casos, com a maioria dos percursos na galeria principal, é possível que, enquanto o movimento do corpo permaneceu controlado (pela limitação de rotas), movimentos de cabeça procuravam obras de arte.

Mais visitas ocorreram em cavidades de GsA, coincidindo com maior incidência de PFs, computando 8 picos em cavidades de GcA. A cavidade em GsA com mais PFs também foi aquela mais visitada (C02), mas nenhuma semelhança foi identificada em cavidades de GcA.

Registraram-se mais PFs na galeria DS e as rotas mais recorrentes na DA, que apresentaram o mesmo número de picos que a

galeria U (9 cada). Assim, visitantes exploraram o leiaute fora da galeria principal mais frequentemente quando não havia arte. Sobre a relação foco x cavidade, os valores de PF foram mais altos em cavidades de GsA.

O IVPF foi introduzido para acessar a variação nos valores de PF, exigindo três passos por visitante: extração da curva e grid do gráfico de foco; computação do número de picos ou declives em intervalos do grid, e adição e divisão destes valores pelo número total de intervalos. Para um dado sujeito nas galerias S, DS e DA com arte, os IVPFs foram, respectivamente: 2.07; 1.57 e 1.25. Neste caso, houve maior variação na galeria S, o que pode indicar menos foco de atenção. A situação reverteu-se na galeria DA, com a menor oscilação, condição confirmada ao observar cuidadosamente as curvas dos gráficos.

Os IVPFs apresentaram os seguintes valores para todas as GsA e GcA: S (1.93; 1.94), DS (2.07; 2.56) e DA (1.88; 2.67). Os índices mais altos ocorreram GcA. Na senoidal, estes foram praticamente idênticos (1.93 e 1.94), mas nas demais, aumentaram mais significativamente, sobretudo nas galerias DA (1.88 a 2.67).

Calculando a correlação (R2) entre IVPFs e o tempo despendido nas galerias, em geral, houve uma alta R2, com 60% dos casos com correlação quase perfeita (0.93 - 0.99), 20% pronunciada (0.76-0.79) e apenas dois casos atípicos com valores muito baixos (0.13 e 0.22).

Como vimos, as médias mais altas de foco foram registradas em GsA e, nestas galerias, houve menor variação de PFs, indicando consistência nos dados. Inversamente, estes resultados mostraram que, em GcAs, provavelmente devido ao esforço informacional demandado pelas obras de arte, houve maior oscilação de foco, revelando um comportamento mais distraído do que nas GsA (Figura 7).

Entre agentes e visitantes, as rotas em GsA resultaram em um padrão mais disperso do que o aglomerado mais denso nas GcA. Quantitativamente, houve 29 rotas nas cavidades das primeiras e apenas 17 nas GcA

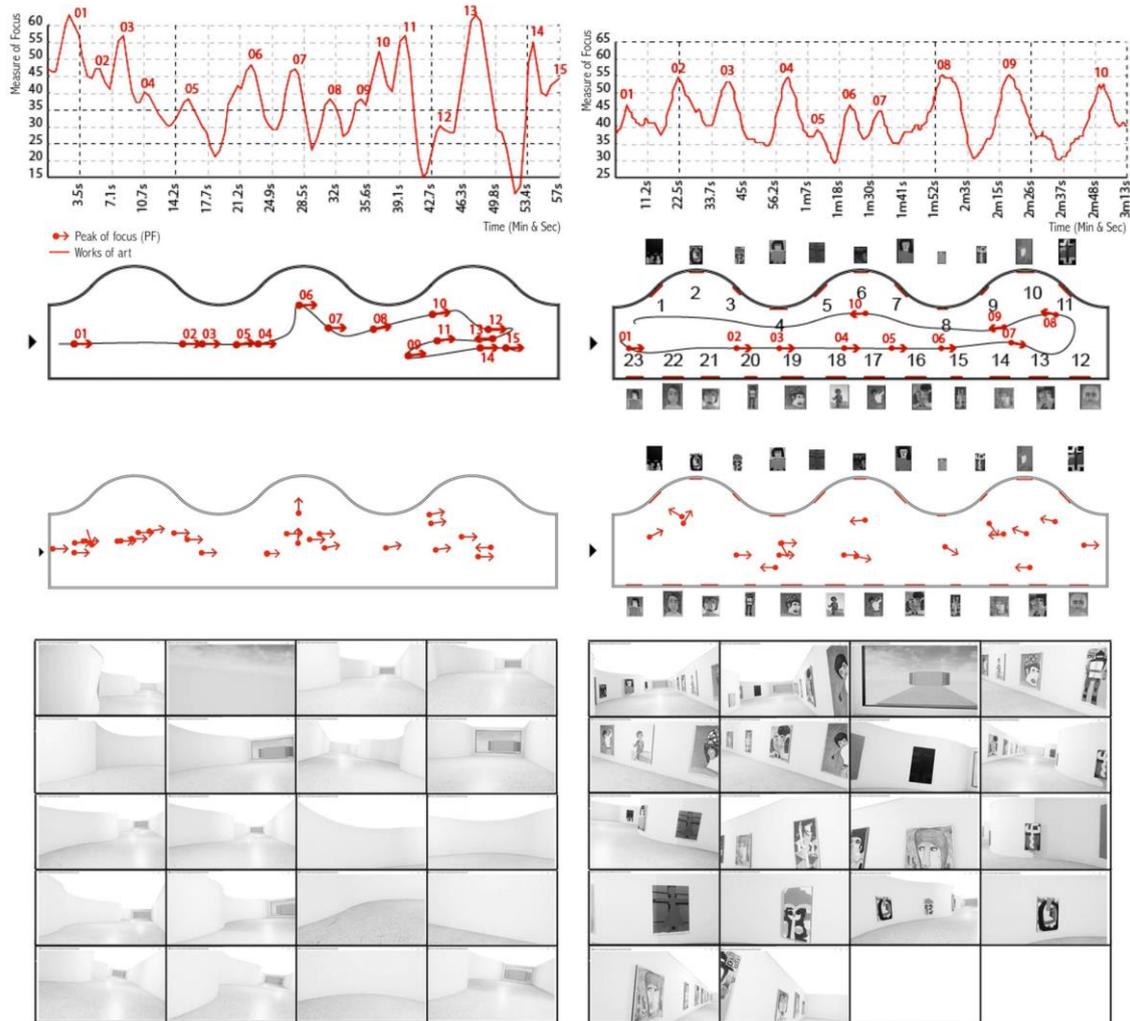


Figura 7. Gráficos de PF, mapeamentos e visadas (nos picos) de um sujeito navegando galerias sem arte (esq.) e com arte (dir.) (fonte: elaborado pelos autores).

Experimentos em RV x análise sintática

Nesta seção, comparam-se respostas de foco e percursos de visitantes às análises sintáticas de visibilidade e de agentes autômatos, concentrando-se na HH, CV e fluxos em portões.

Percursos de visitantes x fluxos de agentes em portões:

Ao sobrepor mapas de percursos mais densos com portões mais visitados, confirmou-se que rotas se concentravam na galeria principal. Entretanto, isso também mostrou que as áreas mais visitadas nem sempre coincidiram com a localização de portões mais densos e que a presença de arte pareceu não afetar essa relação.

Picos de foco x fluxos mais densos de agentes:

Os PFs mais altos e os fluxos mais densos foram mais recorrentes na galeria S. Não houve diferença significativa entre locações de PF em GsA e GcA. Nas primeiras, os PFs coincidiram com os fluxos mais densos, nas últimas, mostraram-se mais dispersos. A sobreposição com contagem de portões (CP), respectivamente em GsA e GcA, resultou no seguinte: S – 26 PFs (11 CPs), 17 PFs (4 CPs); DS – 27 PFs (6 CPs), 17 PFs (2 CPs); DA – 22 PFs (4 CPs), e ainda 13 PFs sem sobreposição.

Assim, independente da geometria, houve mais sobreposições de PFs com fluxos densos em GsA, que também registraram as médias mais altas de foco. Portanto, em GsAs, PFs ocorreram mais frequentemente em locais com maior fluxo de agentes e, inversamente, em GcAs, com obras vistas da galeria principal, é provável que, enquanto o

olhar do visitante apontava rumo a diversas peças, ao mesmo tempo, seu foco diminuía.

Integração visual (HH) x Picos de foco:

Se as posições com maior HH implicam na visão de outros espaços por uma única visada, PFs não necessariamente ocorreram onde visitantes tinham uma ampla vista do espaço. O PF mais alto (91) apareceu na galeria DA sem arte, direcionado à abertura exterior. Apontando para uma sequência de obras, o PF mais baixo (55) ocorreu em uma GsA.

Sobreposuemos valores mais altos de PF e vistas desses picos às áreas de maior HH. Mais coincidências aconteceram na galeria

DS sem arte, onde 41% dos PFs sobrepuseram-se às locações mais integradas. Na galeria DS com arte, o percentual reduziu quase à metade (23.5%). Nas galerias únicas sem e com arte, nenhum PF coincidiu com locais com HH mais altos. Percentuais foram mais baixos em galerias DA do que em DS (Figura 8). No geral, a sobreposição entre PFs e nódulos com maior HH decresceu nas GsAs, consistente com os percursos de visitantes e fluxo de agentes nos portões. Ao sobrepor visadas de visitantes em galerias com e sem arte simultaneamente, uma relação mais forte com a HH ocorreu na galeria DS e, em geral, pelo menos uma das áreas mais observadas por visitantes coincidiu com locações com maiores HH.

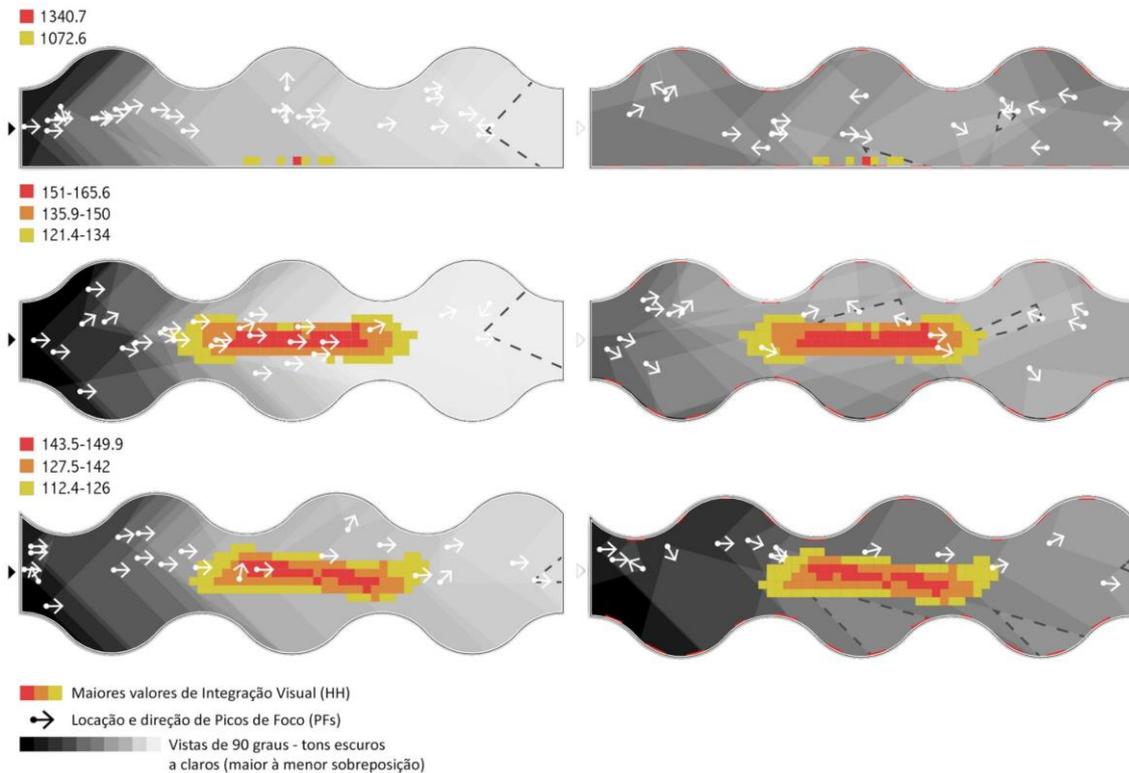


Figura 8. Mapeamentos de PFs (51-100) dos visitantes sobrepostos a visadas a 90 graus de PFs e áreas com maior HH em todas as galerias sem (esq) e com arte (dir). (fonte: elaborado pelos autores).

Foco x CV x HH:

Foram correlacionadas medidas de foco, CV e HH para GcA e GsA, com valores de PF para cada visitante, e de HH e CV nesses picos. Quanto à CV, respectivamente em GsA e GcA, as correlações foram: inexistente (73%, 53%); insignificante ($R^2 \leq 0.20$) - 13.5%, 33%; suave ($0.21 \leq R^2 \leq 0.39$) - 13.5%, 7%), com um caso moderado ($0.40 \leq R^2 \leq 0.69$) na galeria DA. Quanto à correlação com CV,

tem-se: inexistente (67%, 46.5%); insignificante -26%, 33.5%; suave (7%, 6.5%), com dois casos moderados de galerias DA, com e sem arte.

No geral, prevaleceu a falta de correlação entre valores de PF e HH, com apenas 3 casos de R^2 moderada, coincidindo com as sobreposições mais recorrentes de visadas com PFs. Similarmente, quanto à CV, a correlação foi inexistente em 67% dos casos.

Os campos visuais que permitiam ver todo o espaço (galeria principal) foram muito afetados pelo tipo de deformação das paredes. Se uma maior intervisibilidade tende a facilitar a navegação e aumentar a sociabilidade, o alargamento dos campos visuais em nossos experimentos não foi *sine qua non* para visitantes alcançarem um bom foco.

Conclusões

As análises aqui apresentadas procuraram desvendar a morfologia da GP baseada em leiautes hipotéticos, derivados de GPs históricas, do MG e do MCI. Segundo a aproximação sintática, particularmente a análise de agentes, e a noção neurocientífica da função cognitiva do foco, buscou-se encontrar pistas para entender como aspectos chave – relação direta entre espaços sequenciais e a exploração do leiaute, a navegação inteligível e o fortalecimento do espaço social e da copresença – afetaram o comportamento dos indivíduos.

Enquanto a aproximação sintática lançou luz sobre essas questões, após extração e análise de dados dos experimentos em RV imersiva com leiautes de GPs, a avaliação com base na neurociência mostrou que a coexistência dessas características não necessariamente levou a uma boa resposta de foco, o que foi enfraquecido em leiautes com obras de arte e/ou pelo conhecido efeito da fadiga em museus, que pode levar a um decréscimo contínuo no interesse do visitante.

Baseado nos resultados, foram elaborados diagramas de gangorra para sintetizar visualmente as associações observadas entre medidas sintáticas e o grau de progressão (GdP) em GPs. As seguintes relações foram estabelecidas: menores valores de RC indicaram um GdP maior; uma baixa MD representou um GdP maior; maiores HH coincidiram com GdP mais altos; um maior grau de CV se relacionou a GdP menores e, finalmente, uma inteligibilidade (R2) mais forte indicou um maior GdP (Figura 9).

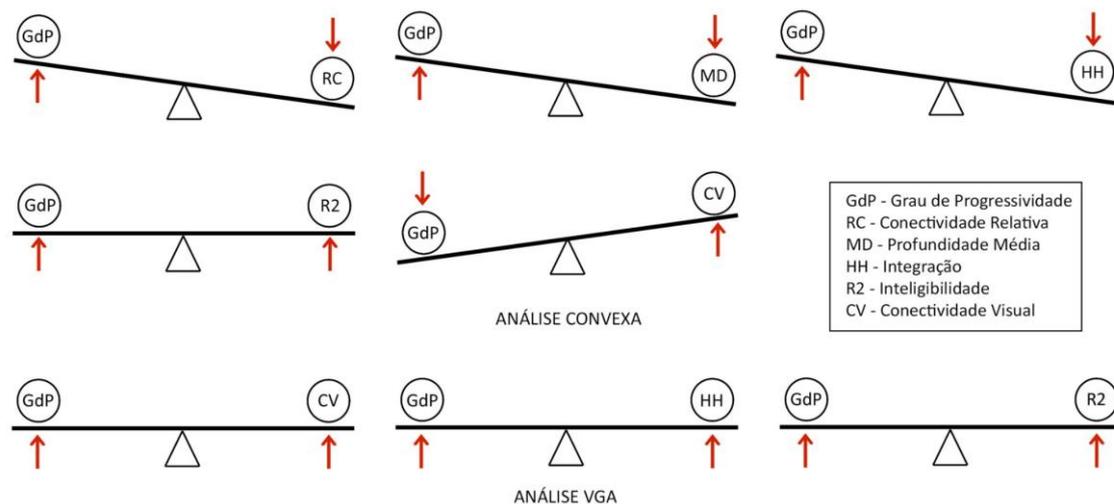


Figura 9. Diagramas ilustrando a relação entre GdP e medidas sintáticas por análise convexa e VGA de leiautes de GPs (fonte: elaborado pelos autores).

A média de valores de R2 em análises convexas mostrou uma correlação pronunciada em todos os leiautes ($R2=0.72$). Valores mais altos ocorreram em galerias sem CEAs, confirmando nossa hipótese inicial de que, quanto mais progressivos, mais inteligíveis são os leiautes. Sobre inteligibilidade visual, os maiores valores foram detectados em galerias duplas sem CEAs. Confirmando a hipótese de que os campos visuais predominantes nas GPs são altamente inteligíveis, 78% de todas as

variações apresentaram maiores valores de R2. Em geral, um GdP maior foi relacionado a maiores valores de HH e CV.

Concluindo, não poderíamos afirmar que GPs sempre levariam a respostas com pouco foco. Para examinar essa questão mais a fundo, experimentos adicionais teriam de ser conduzidos, introduzindo mais tipos de deformação de paredes na galeria principal e tarefas específicas pós navegação. Contudo, baseado na amostragem em questão, a

coexistência de inteligibilidade, campos visuais mais intervisíveis e uma geometria definidora de rotas, nem sempre levou a uma experiência de visitação na qual visitantes responderam com maior foco. Eis que o paradoxo da galeria progressiva é revelado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à neurocientista Silvia Laurentino, ao arquiteto e urbanista André Figueiredo e aos estudantes de arquitetura e urbanismo que participaram dos experimentos apresentados.

Referências

- Albright, T. D. (2015) “Neuroscience for architecture”, em ROBINSON, S. e PALLASMAA, J. (eds.) *Mind in Architecture: neuroscience, embodiment, and the future of design*. (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts) 197-217.
- Ashwal, S. (2018) “Disorders of Consciousness in Children”, em SWAIMAN, K. et al. (eds.) *Pediatric Neurology* (Elsevier, Amsterdam) 767-780.
- AUTODESK, Inc. (NASDAQ: ADSK) (2017) “Revit: software built for Building Information Modeling (BIM)”. Versão educacional 2017. [S. 1.] [2017?]. Disponível em: <https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>. (Acesso em: 10 Fevereiro 2020).
- Amorim, L. (1999) *The Sector's Paradigm: a study of the spatial and functional nature of modernist housing in Northeast Brazil*. Ph.D. Thesis. University College London. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1318054> (Acesso: 21 Outubro 2022).
- Benedikt, M. L. (1979) “To take hold of space: isovist and isovist fields”, *Environment Planning B: Planning and Design* 6, 47-65.
- Bennett, T. (1995) *The birth of the museum: history, theory, politics* (Routledge, New York).
- Choi, Y. K. (1997) “The morphology of exploration and encounter in museum layouts”, *Proceedings of the Space Syntax First International Symposium* (UCL, London) 1, 16.1 -16.10.
- Conroy, R. (2001) *Spatial Navigation in immersive virtual environments*. Ph.D Thesis. University College London. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1111> (Acesso: 21 Outubro 2022).
- Conroy-Dalton, R. et al. (2015) “Navigating complex buildings: cognition, neuroscience and architectural design”, em GERO, John S. (ed.) *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity*. (Springer, Netherlands) 7-12.
- EMOTIV (2015) “Emotiv BCI: software for brain computer interface.” Versão 2019 [S. 1.] [2015?]. Disponível em: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-bci/>. (Acesso em: 10 Fevereiro 2020).
- EPIC GAMES, Inc. (2019) “Unreal Engine: real-time 3D creation platform”. Versão 2019 [S. 1.] [2019?]. Disponível em: <https://www.unrealengine.com/en-US/get-now>. (Acesso em: 10 Fevereiro 2020).
- Gazzaniga, M., Ivry, R. e Mangun, G. (2014) *Cognitive Neuroscience: the biology of the mind* (Norton & Company: New York).
- Hillier, B. (2003) “The architectures of seeing and going: or, are cities shaped by bodies or minds? and is there a syntax of spatial cognition?”, *Proceedings of the Fourth International Space Syntax Symposium* (UCL, London) 06.1-06.34.
- Hillier, B. et al. (1976) “Space syntax”, *Environment Planning B: Planning and Design* 3, 147-18.
- Hillier, B. e Hanson, J. *The social logic of space* (Cambridge University Press: Cambridge)
- Hillier, B. e Tzortzi, K. (2011) “Space Syntax: The Language of Museum Space”, em MACDONALD, S. (ed.) *A Companion to Museum Studies* (Wiley-Blackwell, Oxford) 282-301.
- Li, W., Mai, X. e Liu, C. (2014) “The default mode network and social understanding of others: what do brain connectivity studies tell us”. *Frontiers in Human Neuroscience* 8(74), 1-15.
- Mallgrave, H. (2013) *Architecture and Embodiment: The Implications of the New Sciences and Humanities for Design* (Routledge, New York).

- Melton, A. (1935) *Problems of installation in museums of art* (Publications of the American Association of Museums: Washington D.C).
- Menon, V. et al. (2015) “Salience Network”, em TOGA, A. (ed.) *Brain Mapping: an Encyclopedic Reference* (Elsevier) 2, 97-611. Disponível em: https://med.stanford.edu/content/dam/sm/scs/nl/documents/Menon_Salience_Network_15.pdf. (Acesso 14 Setembro 2019)
- Peponis, J. e Hedin, J. (1982) “The layout of theories in the Natural History Museum”, *9H* 3, 21-25.
- Peponis, J. (1993) “Evaluation and Formulation in Design – the implications of morphological theories of function”, *Nordisk Arkitekturforskinning - Nordic Journal of Architectural Research* 2, 53-62.
- Peponis, J. et al. (2003) “Path, theme and narrative in open plan exhibition settings”, *Proceedings of the Fourth International Space Syntax Symposium* (UCL, London) 29.1-29.20.
- Psarra, S. e Grajewski, T. (2000) “Architecture, narrative and promenade in Benson and Forsyth’s Museum of Scotland”, *Architecture Research Quarterly*, 4(2), 122-36.
- Psarra, S. (2005) “Spatial culture, wayfinding and the educational message: the impact of layout on the spatial, social and educational experiences of visitors to museums and galleries” em MACLEOD, S. (ed.) *Reshaping Museum Space: Architecture, Design, Exhibitions* (Routledge: London) 78-94.
- Psarra, S. (2016) *The Venice variations: Tracing the architectural imagination*. (UCL Press, London).
- Radek, P. (2011) “The Frontoparietal Attention Network of the Human Brain”, *The Neuroscientist* 18(5), 502-515.
- Rolim, A. L., Amorim, L. e Queiroz, M.C. (2017) “From Wright to Gwathmey Siegel: The case of movement in the Guggenheim Museum”, *Proceedings of the 11th International Space Syntax Symposium* (Instituto Superior Técnico, Lisboa) 19.1 - 19.15.
- Rolim, A. L., Amorim, L. e Flavigna, L. (2019) “From Progressive to Labyrinthine: Testing formal variations of an exhibition space typology”, *Proceedings of the 12th International Space Syntax Symposium* (Jiaotong University: Beijing) 291.1 -291.14.
- Rolim, A. L., Amorim, L. e Jaborandy, M. L. (2022) “The *galleria progressiva* in the Solomon R. Guggenheim Museum and the Museum of Unlimited Growth”, em RUIVO, C. et.al (ed.) *Formal Methods in Architecture and Urbanism* (Cambridge Scholars Publishing: Newcastle upon Tyne) 2, 201-222.
- Spreng, R. Nathan et al (2013) “Intrinsic architecture underlying the relations among the default, dorsal attention, and frontoparietal control networks of the human brain”, *Journal of Cognitive Neuroscience* 25(1), 74-86.
- Stavroulaki, G. e Peponis, J. (2003) “The spatial construction of seeing at Castelveccchio”, *Proceedings of the Fourth International Space Syntax Symposium* (UCL, London) 66.1-66.14.
- Sutton, T. (2000) *The classification of visual art* (Cambridge University Press: Cambridge).
- Tröndle, M. (2014) “Space, movement and attention: affordances of the museum environment”, *International Journal of Arts Management* 17(1), 4-17.
- Turner, A. (2003) “Analysing visual morphology of spatial morphology”. *Environment and Planning B: Planning and Design* 30(5), 657-676.
- Turner, A e Penn, A. (2002) “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* 29 (4), 473-490.
- Turner, A. (ed.) (2007a) *New Developments in Space Syntax Software* (ITU Faculty of Architecture: Istanbul).
- Turner, A. (2007b), “To move through space: lines of vision and movement” *Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium* (ITU Faculty of Architecture, Istanbul) 37.01-37.12.
- Tzortzi, K. (2015) *Museum space: where architecture meets museology* (Routledge: London).
- Vail, K. (Ed) (2009) *The Museum of Non-Objective Painting: Hilla Rebay and the*

Origins of the Solomon R. Guggenheim Museum (Guggenheim Museum Publications: New York).

The progressive gallery paradox: neuroscience and morphology applied to behavior analysis in an art gallery typology

Abstract. *Focusing on visitors' spatial behavior we investigate an exhibition space typology with sequential arrangement of rooms, called "progressive gallery" (GP). Resulting from a doctoral thesis, the interface between neuroscience and spatial syntax is proposed. The impact of GPs on the attentional function is evaluated by measuring the focus response in visitors navigating virtual galleries. Initial hypotheses about GPs were: visual fields are highly intelligible; deterministic layouts lead to more focused visitation and the space has great impact on the visit, especially when routes are limited. Simple hypothetical matrices of layouts, historical examples and two modern GPs, the Solomon R. Guggenheim Museum, and the Museum of Unlimited Growth, were analyzed. Subsequently, the analysis of complex variations occurs followed by the evaluation of visitor paths and focus during virtual navigation in the galleries, our main concern. The "Degree of Progression" and the "Index of Variation of Focus Peaks" are introduced, establishing a close relationship between spatial geometry and neural responses, which can provide valuable data for curatorial and architectural projects. Results revealed that the coexistence of intelligibility, good intervisibility and route-defining geometry, unlike the hypothesis, did not lead to more focused responses, pointing towards the paradox in question.*

Keywords. *Spatial cognition, Museum studies, Neuroscience and architecture, Space syntax, Virtual reality*

Editores responsáveis pela submissão: Ana Paula Gurgel, Frederico de Holanda, Valério Medeiros e Vânia Loureiro.

Licenciado sob uma licença Creative Commons.

