XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Inteligência Artificial e a análise de padrões arquitetônicos: edifícios residenciais no subúrbio do Rio de Janeiro

Inteligencia artificial y el análisis de patrones arquitectónicos: edificios residenciales en los suburbios de Río de Janeiro

Artificial intelligence and the analysis of architectural patterns: residential buildings in the suburbs of Rio de Janeiro

Conforto Ergonômico e Qualidade Ambiental / *Comodidad ergonómica y calidad ambiental / Ergonomic Comfort and Environmental Quality*

Reyes, Julia da Rocha Paula
Arquiteta, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, julia.reyes@fau.ufrj.br

Marques, Aline Calazans
D. Sc., Arquiteta e Urbanista, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, alinecalazans@fau.ufrj.br

Resumo

A Inteligência Artificial (IA) tem sido um importante tópico de discussão na atualidade. Porém, existem poucas discussões sobre a funcionalidade de chat como forma de análise de imagens de arquitetura. Essa ferramenta pode contribuir em diversas análises, como, por exemplo, para a investigação de padrões em tipologias arquitetônicas. Para este estudo, foi utilizada a plataforma Google AI Studio para analisar desenhos, em específico, plantas baixas de edifícios residenciais semelhantes, localizados em diferentes condomínios do subúrbio do Rio de Janeiro. Os ensaios demonstraram o potencial e os limites da IA como instrumento de análise, principalmente ao se comparar as respostas mais gerais com as específicas. Apesar das limitações, é possível extrair informações relevantes sobre o que tem-se considerado como a atual tendência do mercado imobiliário, em contradição com o impacto na qualidade ambiental e na eficiência energética dessas edificações.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Google AI Studio. Padronização. Qualidade Ambiental.

Resumen

La Inteligencia Artificial (IA) ha sido un tema de discusión importante en la actualidad. Sin embargo, existen pocas discusiones sobre la funcionalidad del chat como una forma de análisis de imágenes de arquitectura. Esta herramienta puede contribuir a diversos análisis, como, por ejemplo, para la investigación de patrones en tipologías arquitectónicas. Para este estudio, se utilizó la plataforma Google AI Studio para analizar dibujos, en específico, planos de planta de edificios residenciales similares, ubicados en diferentes condominios en los suburbios de Río de Janeiro. Los ensayos demostraron el potencial y las limitaciones de la IA como instrumento de análisis, principalmente al comparar las respuestas más generales con las específicas. A pesar de las limitaciones, es posible extraer información relevante sobre lo que se ha considerado como la actual tendencia del mercado inmobiliario, en contradicción con el impacto en la calidad ambiental y la eficiencia energética de estas edificaciones.

Palabras clave: Inteligencia artificial. Google AI Studio. Estandarización. Calidad Ambiental.

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has been an important topic of discussion nowadays. However, there are few discussions about the chat functionality as a form of analysis of architectural images. This tool can contribute to several analyses, such as, for example, for the investigation of patterns in architectural typologies. For this study, the Google AI Studio platform was used to analyze drawings, specifically floor plans of similar residential buildings, located in different condominiums in the suburbs of Rio de Janeiro. The tests demonstrated the potential and limitations of AI as an instrument of analysis, especially when comparing more general responses with specific ones. Despite the limitations, it is possible to extract relevant information about what has been considered as the current trend of the real estate market, in contrast to the impact on the environmental quality and energy efficiency of these buildings.

Keywords: Artificial Intelligence. Google AI Studio. Standardization. Environmental Quality.

Introdução */ Introducción / Introduction*

A Inteligência Artificial (IA) é um tópico de discussão emergente na atualidade. No campo da arquitetura, estudos sobre a geração de imagens com auxílio da IA e softwares com esta tecnologia, são cada vez mais frequentes sob a justificativa da otimização do processo de projetar. Porém, existem poucas discussões sobre o uso da funcionalidade de chat da IA como instrumento de análise de imagens de arquitetura, ou seja, seguindo o caminho contrário da criação de imagens. Essa ferramenta, mesmo em estágio de desenvolvimento, pode ser uma importante aliada para análises de padrões em tipologias arquitetônicas.

A padronização, na construção civil, segue a lógica de quantidade a partir da otimização. Isso ocorre, entre outros fatores, devido a facilidade de reprodução no canteiro de obras, com materiais de baixo custo e rápida execução, favorecendo a repetição de uma mesma tipologia construtiva (Pierozan et al., 2021). Além disso, essa padronização responde a demanda do mercado imobiliário atual, através de um bom planejamento de marketing, levando a uma "simplificação dos arranjos arquitetônicos" (Valadares e Bachmann, 2022, p. 100). Essa homogeneidade leva a edifícios de volumes compactos de grande rigidez construtiva, com janelas de dimensões padronizadas, ausência de elementos de sombreamento e redução das dimensões internas dos ambientes (Alves, 2019).

O mesmo pode ser visto na região do Grande Méier, na Zona Norte do Rio de Janeiro, que vem passando por uma densificação acelerada, com novos lançamentos imobiliários. As construtoras utilizam a proximidade do Norte Shopping, Estádio Nilton Santos e Linha Amarela como pólos atrativos para seus empreendimentos residenciais. É perceptível um padrão entre esses condomínios de classe média, tanto pelas fachadas similares, quanto pelas tipologias de plantas baixas, o que configura as edificações como potenciais objetos de análise sobre os padrões arquitetônicos e do mercado imobiliário. Logo, o objetivo deste trabalho é apresentar os ensaios desenvolvidos com auxílio da inteligência artificial, a partir de sua funcionalidade de chat, como instrumento de análise arquitetônica, compreendendo seus potenciais e limitações.

Metodologia */ Metodología / Methodology*

A metodologia central deste estudo é caracterizada como experimental (Groat e Wang, 2013) e propõe explorar os algoritmos de *clustering*, ou seja, de agrupamento. Este recurso geralmente é presente nas bases de aprendizado de máquina para classificação e reconhecimento de padrões. No entanto, optou-se por investigar as relações entre imagens a partir de perguntas e sua descrição textual. Neste caso, os *Chatbots* se enquadram no perfil de ferramentas de IA generativa, a exemplo da plataforma Google AI Studio, que utiliza o Gemini, uma IA que é capaz de interpretar e gerar textos, imagens e códigos. Dessa forma, pode-se enviar imagens, documentos, vídeos e áudios, inclusive upload direto do Google Drive. A plataforma é gratuita, porém cada chat/conversa possui um limite de prompts/dados a serem utilizados. Vale ressaltar que o site foi utilizado na sua versão em inglês (única versão disponível durante o período dos ensaios apresentados neste trabalho). As respostas dadas pela interface seguem a estrutura: resposta (com repetição da pergunta feita), possíveis soluções e sugestões (caso algum problema seja abordado na pergunta) e, por fim, uma conclusão, com a síntese.

Como objetos de estudo, foram selecionadas quatro plantas baixas de alguns dos condomínios da região do Grande Méier (Figura 1). Foram estes: Norte Village (Living, 2011); Norte Privilege (Cyrela, 2013); Nobre Norte (Cyrela, 2018) e Norte Premium (Tegra, 2020). As imagens e informações foram retiradas dos materiais disponíveis nos sites oficiais das respectivas construtoras.

Foram feitas perguntas gerais sobre as imagens, como descrição, listagem das áreas e perguntas mais direcionadas ao tema de conforto e qualidade ambiental, com uma abordagem voltada para a arquitetura. No total, foram realizadas 58 perguntas, considerando todos os ensaios com as quatro plantas, sendo que 19 foram selecionadas para este trabalho.

Figura 1: Plantas baixas analisadas.



Fonte: Living (2011), Cyrela (2013, 2018) e Tegra (2020).

Memória e raciocínio lógico na IA */ Memoria y razonamiento lógico en la IA / Memory and logical reasoning in AI*

O conceito de IA é dinâmico e pode variar com o campo de saber. Assim, no contexto deste artigo, entende-se que "um programa de computador é dito inteligente, se ele aprende de forma a melhorar seu desempenho (*Performance*) em alguma tarefa (*Task*), com relação a um critério de desempenho (*Metric*)", (Michalski, Carbonell & Mitchell, 2014).

> Quando adicionado à palavra inteligência, o adjetivo "artificial" significa desenvolver computacionalmente máquinas capazes de funcionar à maneira da inteligência humana, tais como aprender (aquisição de informação e regras para usar as informações), raciocinar (usar as regras para chegar a conclusões aproximadas ou definitivas), autocorrigir-se e resolver problemas. (Santaella, 2023, p.12)

Santaella (2023, p.14) defende a ideia de que "quando qualquer sistema se adapta às condições impostas por um ambiente, esse sistema é considerado inteligente" e, ainda, que "(...) não é a

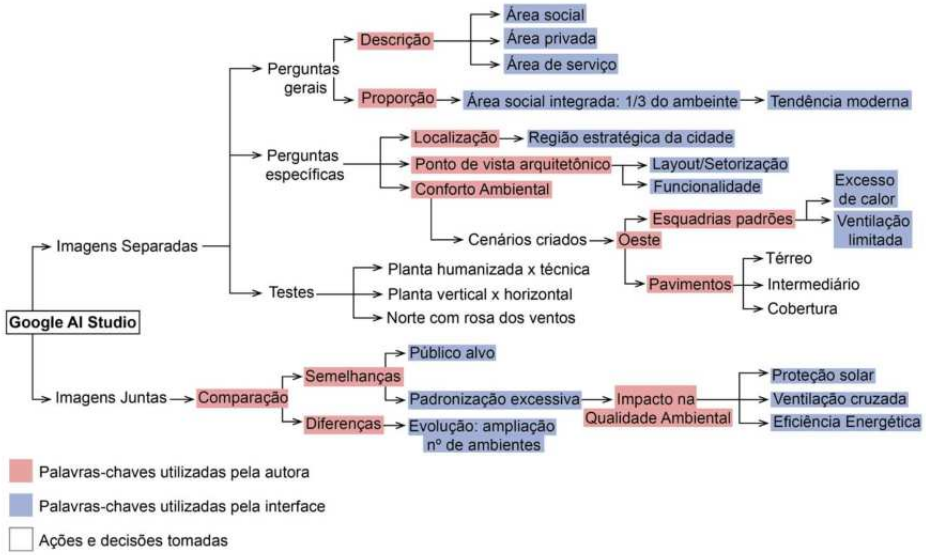
condição psicológica humana e suas complexidades que a inteligência artificial busca simular, mas muito mais a capacidade de raciocinar e planejar para atingir determinados objetivos".

É quase inevitável estabelecer paralelos da IA com o cérebro humano. Na ciência cognitiva, o cérebro digital substitui, complementa ou amplifica as funções originais do cérebro físico, funcionando como uma extensão, especialmente quando as funções cognitivas estão relacionadas à memória e ao raciocínio (Coimbra, 2017). Nesse sentido, o ato de armazenar informações pode ser associado à memória e o ato de processar informações, associado ao raciocínio. A capacidade de melhorar o desempenho está relacionada aos algoritmos de aprendizado de máquina (*machine learning*) e algoritmos de agrupamento (*clustering)*, que podem identificar padrões de diferentes complexidades em grandes quantidades de dados. Enquanto tarefa, ferramentas de IA permitem analisar textos, imagens e vídeos com vistas a extrair informações de interesse.

Ensaios */ Ensayos / Essays*

Este tópico tem o propósito de relatar o processo de investigação realizada com a interface de IA, abordando as perguntas e respostas, assim como suas possibilidades e limitações. Inicialmente, foram realizadas perguntas gerais para todas as plantas baixas, anexadas ao chat de forma separada. Porém, as respostas dadas foram muito amplas e não atendiam ao objetivo da investigação. Algumas respostas foram consideradas "alucinações" (Alkaissi, McFarlan, 2023), onde o algoritmo apresenta afirmações plausíveis, sintaticamente válidas, mas que não são verdadeiras ou precisas; outras, foram respostas enviesadas e tendenciosas, direcionadas ao meio imobiliário. Em uma segunda etapa, foram feitas perguntas mais direcionadas para arquitetura e conforto ambiental. Paralelo a essa etapa, foram feitas perguntas juntando as mesmas quatro tipologias, analisadas de forma separada anteriormente, num sistema de comparação, buscando entender suas semelhanças e diferenças. Durante todas essas etapas, foram utilizadas palavras chaves, como proporção, orientação e conforto ambiental (Figura 2).

Figura 2: Diagrama de etapas com ênfase nas palavras-chaves utilizadas nas perguntas e respostas.



Fonte: Autora (2024).

Uma das primeiras solicitações foi "*Descreva a proporção dos ambientes*", e para esta ação, as plantas foram anexadas separadamente. Como resposta, a IA trouxe uma breve **descrição** de cada cômodo, indo dos maiores aos menores, sendo estes: área social (quarto, cozinha e varanda), área privada (quartos) e área de serviço (banheiros, lavanderia e circulação). Nos quatro casos, a IA destacou a sala integrada à cozinha e varanda como o maior ambiente da unidade habitacional, "(...) ocupando cerca de um terço da área total". A interface respondeu que essa área social integrada, que ocupa uma parte significativa do espaço total do apartamento, reflete uma "tendência moderna" (Google AI Studio, 2024).

Algumas **limitações** foram encontradas nas respostas dadas pela interface. Uma delas diz respeito às janelas e aberturas, as quais a IA nem sempre consegue reconhecer nas plantas baixas humanizadas. Além disso, os shafts presentes tanto na cozinha/área de serviço como nos banheiros, foram confundidos por janelas, induzindo a plataforma a considerar a existência de ventilação natural e cruzada nesses ambientes. Paredes mais grossas, devido a estrutura, e algumas sombras dos mobiliários também levaram a alguns erros, os quais a IA entendia como uma separação dos cômodos, como se fosse uma alvenaria a mais. Essas confusões levaram a

interface a não considerar a integração da cozinha com a área de serviço ou a separar a área do closet do espaço total da suíte, por exemplo. Vale ressaltar que a orientação dos apartamentos, dada na mosca da implantação, não era reconhecida pela IA. Apenas com a rosa dos ventos é que a interface faz a leitura da orientação espacial da unidade habitacional. Outra pequena limitação observada é que a interface tem mais dificuldade para ler a imagem de uma planta baixa na vertical do que quando comparada a horizontal, demorando mais segundos para devolver a resposta e cometendo pequenos erros, como, por exemplo, identificando a entrada do apartamento pela varanda ao invés da sala (Figura 3).

Figura 3: Indicação dos possíveis erros de leitura (a) e exemplo da planta baixa na vertical (b).



Fonte: Cyrela (2013), adaptado pela autora (2024); Tegra (2020).

Ao longo das perguntas, foram realizados alguns testes, como a substituição da planta humanizada por uma mais técnica, buscando entender o impacto da imagem nas respostas (Figura 4). Na solicitação "*Descreva a imagem*", considerando a planta humanizada, a IA listou cada cômodo do apartamento, focando a resposta na descrição dos mobiliários e posicionamento geral de cada ambiente na unidade habitacional. Já a resposta, considerando a planta mais técnica, trouxe a metragem quadrada de cada cômodo, assim como sua localização de forma mais específica, utilizando palavras como "canto superior esquerdo" e "canto inferior direito". Além

disso, apesar dessa segunda planta também possuir os desenhos dos mobiliários, nenhum comentário foi feito a respeito.

Figura 4: Plantas baixas, (a) humanizada e (b) técnica.



Fonte: (esquerda) Living (2011) e (direita) autora (2023).

Buscando **respostas mais específicas**, foram realizadas as mesmas perguntas generalizadas anteriores, porém, acrescentando "*sob o ponto de vista arquitetônico*" ou "*sob a ótica de um arquiteto*", no final de cada uma. Este tipo de pergunta é definido como um "*prompt* condicional", capaz de definir um cenário baseado em condição específica, no caso, o campo de saber dos arquitetos. Como resposta, a interface usou palavras diferentes, como layout e funcionalidade, além de tratar de termos como conceito aberto, iluminação natural e ventilação cruzada. Vale ressaltar que, pela primeira vez, a IA trouxe informação sobre o provável público alvo daqueles apartamentos, sendo estes jovens ou individual, devido a tipologia compacta.

Aproveitando que a interface abordou temas sobre conforto ambiental, foram feitas perguntas pedindo para avaliar a **iluminação** e **ventilação** dos cômodos, caso o apartamento fosse voltado para oeste, considerando janelas padrões de duas folhas de correr (1,2m x 1,0m), sendo todas estas voltadas para uma mesma orientação, ou seja, sem ventilação cruzada (o que condiz com a realidade das tipologias). Como resposta, a IA listou os desafios a serem enfrentados nessa unidade habitacional, como o excesso de calor no período da tarde e a ventilação limitada. Porém, também listou possíveis estratégias para melhorar o conforto ambiental, como proteção solar, falando de brises, venezianas e ventilação mecânica e/ou noturna.

Quando questionada sobre a diferença na **sensação térmica** no apartamento, considerando a orientação oeste, em relação ao posicionamento da unidade habitacional nos pavimentos (térreo, intermediário e cobertura), a interface respondeu que "(...) a sensação térmica no apartamento varia consideravelmente de acordo com o pavimento, influenciada pela incidência solar, ventilação e interação com o entorno" (Google AI Studio, 2024). No térreo, a IA respondeu que há maior sensação de calor, menor ventilação e maior umidade, devido a proximidade com o solo/pavimentação externa, aumentando a sensação de abafamento. Já no pavimento intermediário, tanto a iluminação como a ventilação podem ser moderadas, dependendo da influência do entorno e dos apartamentos adjacentes. Porém, a interface reforça que, nesse tipo de pavimento, a temperatura tende a ser mais amena do que quando comparada com os outros. Por fim, na cobertura há maior incidência solar e variação térmica, assim como um maior potencial para ventilação. A IA apresentou uma lista de possíveis soluções para melhorar a sensação térmica, considerando a orientação oeste e independente do pavimento, sendo estas: proteção solar, isolamento térmico, ventilação cruzada e uso de cores claras.

Alguns testes foram realizados sobre **o entorno e os bairros** nos quais as edificações estão inseridas, buscando analisar como a interface entende essa região em crescimento. Foram feitas perguntas diretas com o endereço dos condomínios, assim como prints do Google Maps, destacando a edificação. Em ambos os casos, a IA respondeu que as edificações se encontram em uma "região estratégica da Zona Norte da cidade", sendo esta uma "área densamente povoada". Além disso, destacou a proximidade com vias importantes, como a Linha Amarela e a Av. Dom Hélder Câmara, a variedade de transporte público, com diversas linhas de ônibus e proximidade com estações de trem, assim como a presença do Norte Shopping, importante pólo de comércio, lazer e infraestrutura na região. Por fim, a IA reforça que, apesar de ser uma área com "(...) atmosfera familiar e tranquila, ideal para quem busca praticidade e qualidade de vida na cidade", é também uma região com forte influência comercial e industrial, podendo apresentar "(...) desafios em relação a ruído, tráfego e qualidade ambiental" (Google AI Studio, 2024).

Como últimos testes, foram feitas **comparações** entre as quatro plantas baixas, solicitando a identificação de semelhanças e diferenças. A IA apontou um padrão tanto nos nomes dos condomínios, sugerindo, inclusive, que poderiam pertencer a um mesmo conjunto residencial ou de uma mesma construtora, como uma "padronização excessiva" na concepção dos espaços

habitacionais, visto que todas as plantas possuem os mesmos elementos em comum: sala, cozinha, quartos, banheiros e varanda. Além disso, a IA respondeu que esse tipo de apartamento diz respeito a uma tendência atual do mercado imobiliário, voltado para um público-alvo similar, como pequenas famílias e/ou casais. No que diz respeito às diferenças, a interface cometeu pequenos erros de leitura nas plantas, comentando sobre uma possível evolução no número de quartos (sendo que todas as tipologias analisadas possuem dois dormitórios).

Por fim, quando questionada "*Como a **padronização excessiva** pode estar relacionada à **qualidade ambiental** desses apartamentos?*", a IA separou sua resposta em dois tipos de impacto: interno e externo. No primeiro, a interface respondeu que "(...) a repetição de layouts pode negligenciar a orientação solar ideal e o posicionamento estratégico de janelas", comprometendo a iluminação natural, a ventilação cruzada e a qualidade do ar. Como consequência, os ambientes podem necessitar da iluminação artificial e do condicionamento do ar, aumentando o consumo energético. Outro ponto importante abordado foi o impacto da padronização dos materiais construtivos no conforto térmico, visto que priorizam "o baixo custo em detrimento da qualidade" (Google AI Studio, 2024), podendo resultar em ambientes com pouca inércia térmica.

Em relação aos impactos externos, a IA reforçou que "A construção de grandes conjuntos habitacionais com projetos padronizados, sem considerar o impacto no entorno, pode gerar ilhas de calor (...) e prejudicar a ventilação natural da região" (Google AI Studio, 2024). Assim como já feito anteriormente, a interface trouxe possíveis soluções para melhoria da qualidade ambiental, sendo estas a presença de biofilia e eficiência energética. Por fim, como conclusão, a IA respondeu que:

> A busca por um equilíbrio entre funcionalidade, estética e sustentabilidade é fundamental para garantir a qualidade ambiental dos apartamentos e criar espaços mais saudáveis, agradáveis e integrados ao entorno. A padronização, embora possa trazer benefícios em termos de custos e produção em larga escala, deve ser aplicada com cuidado para evitar impactos negativos na qualidade de vida dos moradores e no meio ambiente. (Google AI Studio, 2024)

Assim, esses ensaios demonstraram como a inteligência artificial pode ser uma importante ferramenta de análises, principalmente ao se comparar as respostas mais gerais, com palavras tendenciosas e elogios aos apartamentos, com as específicas, nas quais fica evidente a crítica ao padrão de arquitetura reproduzido. Apesar de pequenos erros e de algumas limitações, é possível extrair informações interessantes sobre o que tem-se considerado como a atual tendência do mercado imobiliário, em contradição com o impacto dessas residências na qualidade ambiental e na eficiência energética das edificações.

Considerações finais */ Consideraciones finales / Final considerations*

A investigação realizada com a interface Google AI Studio demonstrou como a inteligência artificial pode contribuir para a análise de imagens. Apesar das pequenas limitações encontradas, como respostas enviesadas e tendenciosas, é possível conduzir as perguntas e corrigir os erros cometidos, direcionando as respostas para um objetivo específico, visto que o banco de dados utilizado pela IA é bastante generalizado. Vale ressaltar que, para evitar erros de leitura, é importante o uso de imagens legíveis, buscando uma análise mais correta da interface, assim como um acompanhamento criterioso do profissional que conduz a análise. Sugere como etapas futuras o uso de outra interface de inteligência artificial (estilo chat), buscando entender as diferenças e semelhanças na leitura das mesmas imagens.

Referências */ Referencias / References*

Alkaissi, H.; McFarlan, S. Artificial hallucinations in ChatGPT: implications in scientific writing. **Cureus**, San Francisco, CA, v. 15, n. 2, e35179, 2023.

Alves, C. A. **A produção recente de edifícios residenciais em São Paulo:** desempenho e conforto térmico no contexto urbano e climático em transição. Tese de Doutorado - Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

Coimbra, R. **Cérebro Digital.** Rio de Janeiro: Independently published, 2017. Kindle Edition.

Groat, L.; Wanq, D. **Architectural Research Methods.** Second Edition. New Jersey: Wiley, 2013.

Michalski, R. S.; Carbonell, J. G.; Mitchell, T. M. (2014-06-27T22:58:59.000). **Machine Learning:** An Artificial Intelligence Approach (Volume I) (p. i). Elsevier Science. Kindle Edition.

Pierozan, E.; Watzko, E. S.; Ghisi, E. Avaliação de desempenho térmico e eficiência energética de uma Edificação Multifamiliar de Interesse Social no clima da Serra Gaúcha. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 16., 2021. **Anais [...].** *[S. l.]*, 2021.

Santaella, L. Por que é imprescindível um manual ético para a Inteligência Artificial Generativa? TECCOGS: **Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, n. 28, p. 7–24, 2023.

Valadares, P. H. C.; Bachmann, I. M. B. "Um descaminho estético: a arquitetura dos edifícios multifamiliares no Recife contemporâneo". **ARCHITECTON-Revista de Arquitetura e Urbanismo**. Recife: Faculdade Damas, v. 7, n. 11, p. 95-107, 2022.