


AS ETNOGEOMETRIAS PRESENTES NAS OBRAS ARQUITETÔNICAS: UM OLHAR AOS FRACTAIS

 <https://doi.org/10.56238/arev6n4-191>

Data de submissão: 12/11/2024

Data de publicação: 12/12/2024

Livia dos Santos Sousa

Graduada em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

José Milton Lopes Pinheiro

Doutor em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, Campus Rio Claro
Professor da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

Giovana Alves

Doutora em Matemática pela Universidade Estadual de Maringá – UEM
Professora da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL

RESUMO

Este estudo surge da convergência entre duas áreas de pesquisa distintas: a Etnomatemática e a Geometria Fractal, originando assim a Etnogeometria Fractal. O objetivo é investigar a presença de fractais em diferentes culturas, especialmente em sua arquitetura. A pesquisa é conduzida qualitativamente, utilizando uma abordagem bibliográfica e um método fenomenológico, com análise dos dados através das perspectivas da Análise Ideográfica e Nomotética. O movimento investigativo permitiu a constituição de três Núcleos de Compreensão, com os quais foi possível articular sobre a presença que é questionada na pergunta de pesquisa, sendo eles: A Etnogeometria fractal expressas em obras arquitetônicas espontâneas da antiguidade; A Etnogeometria fractal expressa em obras arquitetônicas, design, cidades e paisagens naturais contemporâneos e A Etnogeometria fractal como construção de conhecimentos interdisciplinares na arquitetura e em sala de aula usando tecnologia. Esses núcleos de compreensão se intersectam, destacando a importância da Etnogeometria Fractal.

Palavras-chave: Etnogeometria, Geometria Fractal, Obras Arquitetônicas, Educação Matemática.

1 INTRODUÇÃO

A Etnomatemática é apresentada por D'Ambrosio (2016) como sendo as diferentes técnicas e compreensões sobre fazer matemática, bem como sobre ensinar em ambientes naturais, culturais e sociais, não se limitando apenas à Matemática Ocidental, mas, considerando e valorando as diferentes culturas matemáticas desenvolvidas por diferentes povos. Com isso, entende-se aqui a relevância da Etnomatemática bem como sua complexidade, por ir de encontro ao sistema de ensino que sobrepõe uma matemática a todas as outras, impondo uma concepção de universalidade balizada pela Matemática Europeia, definida por D'Ambrosio (2016) como uma entre as muitas etnomatemáticas.

A concepção de etnomatemáticas, de modo mais específico pode ser direcionada a temas e a conteúdos, como é o caso da Geometria, que sob fundamentação da Etnomatemática pode ser dita Etnogeometria, um campo de conhecimento que vai de encontro a atividade de Galileu, que ao abraçar a tese de figuras exatas nascidas de uma pretensa obviedade obtida pela Lógica, deixou às margens toda a intuitividade da agrimensura prática, que precedeu a geometria antiga (Detoni, Pinheiro, 2017). Essa intuitividade foi direcionada ao longo do tempo às questões espaciais, estas que foram se desenvolvendo de diferentes maneiras nas diferentes culturas; os triângulos, a circunferência e outras figuras geométricas agora instituídas são meras palavras sem os meios (espaços) naturais e culturais sobre os quais se desenvolveram e se desenvolvem todo e qualquer conhecimento humano.

Esses conhecimentos, antes de serem instituídos objetos matemáticos, doam-se às pessoas no cotidiano, numa etnogeometria vivenciada; ser no mundo é espacializar, ou seja, ocupar-se da espacialidade, se movendo, e movendo o que nela se apresenta, seguindo, ou não, uma lógica de movimento. Nesse fazer cotidiano também se aprende, desenvolve-se conhecimentos que aqui se entende serem etnogeométricos, estes que, muitas vezes, não são permitidos nas escolas, por nelas se priorizar o que está nos livros e manuais, que se balizam desde as primeiras escolas no Brasil pela matemática europeia.

Sob fundamentação da Etnogeometria quer-se focar, aqui, a Geometria Fractal. “Os fractais são formas geométricas que repetem sua estrutura em escalas cada vez menores” (Stewart, 1996, p. 12). De acordo com English (2007) a geometria dos fractais explica fenômenos naturais, a autossimilaridade presente na natureza e nas construções humanas, como na arquitetura, esta que vem se reconfigurando historicamente. É com foco na arquitetura, sob fundamentação da Etnogeometria que esta pesquisa será realizada. Os fractais na arquitetura não são entes isolados em si, ou meramente itens decorativos, eles expõem ideias, características, noções de estética, de design, que variam de cultura para cultura, estas que se constituem de conhecimentos geométricos relacionados ao espaço natural e social de cada povo.

Diante dessa temática quer-se compreender aqui, *como a etnogeometria fractal se faz presente na arquitetura realizada por diferentes povos?* Para tanto, realiza-se uma pesquisa qualitativa, de cunho bibliográfico, buscando e articulando compreensões expressas por pesquisadores que atuam nas áreas da Etnomatemática e da Arquitetura, que focam os fractais. O entrelaçamento entre Etnomatemática, Arquitetura e Fractais constitui o fenômeno desta pesquisa, qual seja: *a Etnogeometria Fractal expressa na arquitetura*, sendo que a etno explicita que o olhar investigativo estará voltado a diferentes culturas arquitetônicas.

2 CONTEXTUALIZANDO A ETNOMATEMÁTICA E A ETNOGEOMETRIA

Segundo D'Ambrosio (2016), embora se tenha a Matemática como uma ciência constituída na e pela diversidade de culturas, ela é ensinada de modo universalizado. Adere-se em todo o mundo o ensino de Matemática sob um modelo socioeconômico e político único e sistemas de ensino praticamente iguais. Esses sistemas se consolidam por disciplinas, e entre elas está a Matemática, que se define como ciência universal, ensinada sob as mesmas bases teóricas, mesmo em realidades socioculturalmente distintas.

Ao atribuir à Matemática e ao seu ensino um caráter universal, seja considerando o mundo ou o universo de um país, como por exemplo o Brasil, entende-se que há uma série de problemas conceituais que possam ocorrer. Questões como números, formas, medidas, inferências (muitas delas correlatas à Geometria) são categorias do pensamento que aparecem em todas as culturas, porém, se diversificam e se ampliam ao se evidenciarem nessas culturas como modos, maneiras e estilos de explicar, de conhecer e de lidar com a realidade.

Quando desprezada esta diversidade para fazer valer ideias, conhecimentos e um ensino universal, há um movimento de sobreposição e subjugação do que nasce na naturalidade das vivências de um povo, impõe-se a ele o diferente, sem valorizar ou agregar o que conhece, o que produz historicamente como verdade. Se não se compreende outros modos de ser do conhecimento, “há um movimento de exclusão, implicando em deslegitimação das práticas sociais, do fazer e da percepção, que são primados de todo e qualquer conhecimento humano, dentre os quais os chamados conhecimentos matemáticos” (Lima Junior et al., 2021, p. 4).

Indo de encontro a esse movimento de exclusão e subjugação de culturas, Ubiratan D'Ambrosio tematizou a Etnomatemática, compreendida como sendo “a arte ou técnica de explicar, de conhecer, de entender nos diversos contextos culturais e imaginários” (D'Ambrosio, 1998, p. 5), que defende a valorização de conhecimentos e culturas matemáticas de distintos povos. A Etnomatemática é, então, a matemática de uma determinada civilização, na cultura de um grupo etno, sendo feita e

refeita a todo instante em distintos lugares (Barbosa, 2009). Nesse contexto a própria Matemática ocidental é uma entre as muitas etnomatemáticas. Essa concepção de etnomatemáticas pode ser redirecionada a temas e conteúdo, como é o caso da Geometria, que sob fundamentação da Etnomatemática pode ser chamada Etnogeometria, cuja discussão é pautada neste trabalho.

A Etnogeometria é um campo de conhecimento que vai de encontro à atividade de Galileu, que ao abraçar a tese de figuras exatas nascidas de uma pretensa obviedade obtida pela Lógica deixou às margens toda a intuitividade de agrimensura prática, que precedeu a geometria antiga (Detoni, Pinheiro, 2017). Essa intuitividade passou a ser direcionada ao longo do tempo às questões espaciais que foram desenvolvendo-se de distintas maneiras em diferentes culturas; os triângulos, a circunferência e todas as outras figuras geométricas são meras palavras sem os espaços naturais e culturais sobre os quais se desenvolveram e se desenvolvem todo e qualquer conhecimento humano. Esses conhecimentos, antes de serem instituídos objetos matemáticos, doam-se às pessoas no cotidiano, em etnogeometrias vivenciada. Nesse fazer cotidiano também se aprende e desenvolve conhecimentos que se entendem serem etnogeométricos, estes que, muitas vezes não são permitidos nas escolas, por nelas se priorizar o que está nos livros e manuais, que se balizam desde as primeiras escolas no Brasil pela matemática europeia.

É importante destacar que o termo Etnogeometria aparece em estudos de Paulo Gerdes, onde este trás contribuições à história da matemática, e conseqüentemente a Etnomatemática. D' Ambrosio (1998) afirma que os estudos de Paulo Gerdes sobre Etnogeometria possibilitam a reconstrução do conhecimento geométrico esquecido ao longo do tempo, tornando-se complementar aos estudos realizados sobre Etnomatemática.

Gerdes (2012), explica que o termo Etnogeometria é uma expressão utilizada pelo professor Donal Crowe da Universidade de Wisconsin. A partir desta denominação estudos passaram a focar a Etnogeometria, buscando resgatar valores culturais de povos distintos a partir da geometria. Rios (2000, p. 3) explica que a “Etnogeometria é parte intrínseca da experiência cotidiana do homem e de seu ambiente natural”, sendo o material que inspira a Etnomatemática, ao estudar a história a partir da Geometria.

Partindo do pressuposto de que a “etnogeometria pode ser entendida como a Etnomatemática particularizada a conteúdos geométricos” (Costa, 2020, p.11) quer-se focar, aqui, a Geometria Fractal, que sob fundamentação da Etnogeometria objetiva o estudo dos fractais. English (2007) nos diz que a geometria dos fractais explica fenômenos naturais, a autossimilaridade presente na natureza e nas construções humanas, como na arquitetura, esta que vem se reconfigurando historicamente. É com foco na arquitetura, sob fundamentação da Etnogeometria que esta pesquisa será realizada.

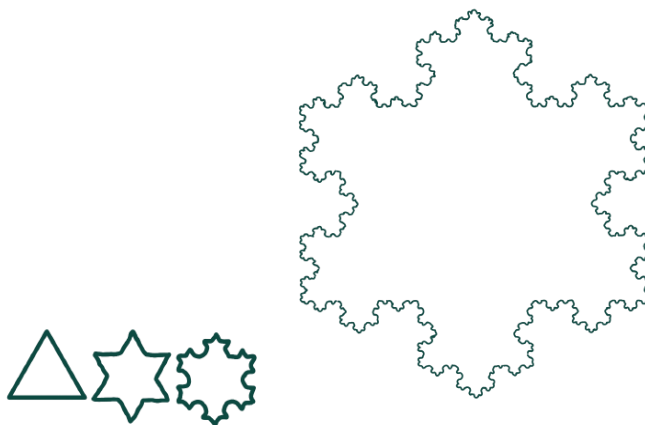
3 TEMATIZANDO A GEOMETRIA FRACTAL

Desde a Antiga Grécia eram considerados que o espaço matemático teria apenas três dimensões, mas com o tempo foi-se compreendendo e explicitando as n dimensões do espaço matemático (Souza, 2019), que por consequência permitiu a constituição de outras geometrias, dentre as quais a Geometria Fractal (GF), conceituada por Mandelbrot (1998, p. 207) como “O estudo de diversos objetos, tanto matemáticos como naturais, que não são regulares, mas rugosos, porosos, ou fragmentados, sendo-o no mesmo grau em todas as escalas”.

Barbosa (2009) explica que Benoit definiu o termo fractal no idioma latim, onde *fractais* significa quebrar, ocasionado fragmentos irregulares e, em função disso, o termo hoje conhecido como fractal foi originado. Podemos dizer então que “Os fractais são formas geométricas que repetem sua estrutura em escalas cada vez menores” (Stewart, 1996, p. 12), como pode-se verificar nos exemplos da Curva de Von Koch, do Triângulo de Sierpinski e da Curva de David Hilbert, apresentados a seguir.

A Curva de Von Koch ou ilha de Von Koch, apresentada na Figura 1, é um exemplo de curva contínua.

Figura 1 – Curva de Von Koch



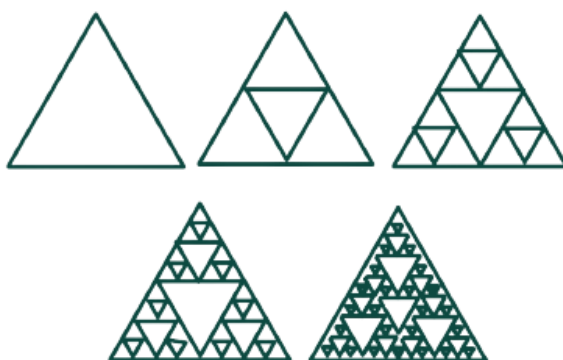
Fonte: Mandelbrot (1998, p.45). Adaptado pelos autores.

De acordo com Mandelbrot (1998, p.44) a Curva de Von Koch, se inicia de uma ilha em forma de triângulo equilátero. Na sequência, o terço central de cada um dos lados de comprimento unitário “é substituído por um cabo em forma de triângulo, cujo lados medem um terço. Obtemos assim um hexágono regular ou estrela de David, cujo perímetro tem um comprimento de 4 unidades. Repete-se o procedimento para cada um dos 12 lados, e assim sucessivamente”.

O Triângulo de Sierpinski - também chamado de Junta de Sierpinski – “é uma das formas elementares da GF por apresentar algumas propriedades, tais como: ter tantos pontos como o do

conjunto dos números reais; ter área igual a zero; ser auto semelhante (cada uma de suas partes é idêntica ao todo); não perder a sua definição inicial à medida que é ampliado” (Araujo et al, 2020, p. 288). Como podemos observar na Figura 2.

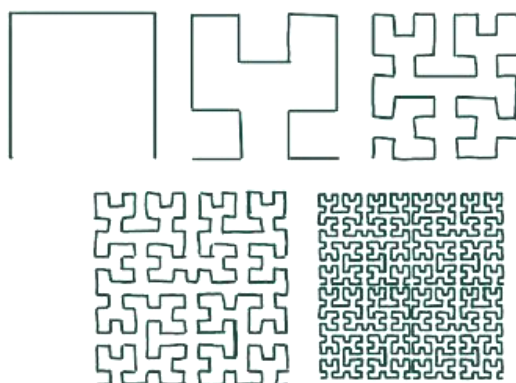
Figura 2 – Triângulo de Sierpinski (Junta de Sierpinski)



Fonte: sferrero Bravo.wordpress.com. Adaptado pelos autores

De acordo com Barbosa (2009), David Hilbert (1862 – 1943) apresentou uma curva em superfície quadrangular onde cada quadrado seguia um padrão de repetição igual ao inicial, ressaltando a autossimilaridade dos fractais, como explicito na Figura 3.

Figura 3 – Curva de David Hilbert (Curva de Hilbert)



Fonte: mkweb.bcgsc.ca. Adaptado pelos autores.

Segundo Barbosa (2009) a Geometria dos Fractais possibilita interpretar os fenômenos que existem no mundo, no entanto, é importante destacar que o universo natural não exhibe fractais (representações gráficas) e sim estruturas fractais, entendidas como representação de fragmentos observáveis da infinitude que é característica de um fractal, enquanto objeto matemático. Tais estruturas podem ser visualizadas em plantas, na arte, nos fenômenos naturais, em modelos do relevo terrestre, em construções arquitetônicas e em outros espaços e objetos.

Os objetos fractais, de acordo com English (2007), possuem cinco características primordiais que necessitam de maiores esclarecimento, uma vez que, admitiremos em específico apenas uma delas para conceitua-los e assim explicarmos para fins educacionais porque existem estruturas fractais e não fractais em si na natureza.

Dito isso, as características que abordaremos aqui são: recursividade, autossimilaridade, infinitude, dimensão fracionaria e escalar.

A *recursividade* consiste em definir funções programáveis para repetir a si mesma. Uma função que usa recursividade para dividir um problema em fragmentos menores, similares ao problema original, e mediante isso resolve os menores, combinando os resultados obtidos (Sedrez, 2019). Esses resultados repetidos inúmeras vezes é o que chamamos de recursividade, e podem continuar infinitamente, mas, podemos interromper esse padrão recursivo dentro de um intervalo escalar (Barbosa, 2009).

O objeto fractal possuir uma forma *escalar* que “significa que existem padrões semelhantes em diferentes escalas dentro do intervalo” (Barbosa, 2009, p. 21). Por exemplo, as folhas de uma samambaia ilustrada na Figura 4 seguem padrões de organização autossimilares em diferentes escalas.

Figura 4 – Aproximação na ilustração da planta samambaia em três escalas (estrutura fractal).



Fonte: <https://br.freepik.com/vetores/samambaias>

Quando discorrermos sobre o conceito de dimensão nos estudos das geometrias, logo associamos a nossa resposta aos números inteiros, no entanto, quando abordamos conteúdos pertencentes à Geometria Fractal, temos *dimensões fracionárias* que de acordo com Mandelbrot (1998, p. 14) “é a medida do grau de irregularidade e de fragmentação dos objetos fractais”. Exemplo disso é a Curva Von Koch, expressa na Figura 1, que possui uma dimensão crescente em suas curvas, de modo que podemos ir tão próximo de uma linha dimensional, já abaixo da base a curva é tão incomum que poderíamos dividi-la em duas, já no meio da curva precisaríamos de uma dimensão “quebrada”, ou seja, fracionária (Barbosa, 2009).

Os objetos fractais possuem uma *complexidade infinita* que não nos permite reproduzi-los completamente já que exibem detalhes infinitos. Esta característica é muito importante para este trabalho já que ela não aparece na natureza, assim como não é exibida em obras arquitetônicas que serão abordadas mais adiante. Dito isso, entendemos que a natureza e o homem não exibem fractais em si, já que seria impossível expor a riqueza de detalhes infinitos dos mesmos. Diante disso adota-se a terminologia *estrutura fractal*, para dizer das representações expressas no mundo vivido.

Por fim, a *autossemelhança* ou *autossimilaridade*. Ser autossimilar concede ao fractal a reprodução exata ou semelhante a uma parte de si mesmo, constituídas de subdivisões iguais ao original (Brito, 2020). Nas Figuras 5 podemos observar a estrutura fractal (autossimilaridade) exibida na construção do Templo Kandariya Mahadeva, na Índia.

Figura 5 – Templo Kandariya Mahadeva (Índia)



Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/foto/kjaruharo-templos-%C3%ADndia-gm528050508-92886645>

Com o exposto até então, compreendemos que os fractais demandam uma atenção redobrada ao serem estudados, considerando que sua complexidade requer uma análise aprofundada, a qual não constitui o foco deste trabalho. Para justificar a inclusão dos objetos fractais neste estudo, torna-se necessário recorrer às definições e exemplos previamente abordados, a fim de permitir que o leitor compreenda o conceito de fractal e como seus padrões infinitos não se manifestam na natureza nem no cotidiano. Esclarecemos que embasamos nossas análises nas definições de Benoit, utilizando o termo "estrutura fractal" para explorar a autossimilaridade (características fractais) em obras arquitetônicas de diversas civilizações, além de nos valermos da própria definição de objetos fractais.

4 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

Nesta pesquisa assume-se a postura qualitativa e o método fenomenológico na realização de um estudo bibliográfico. Com o olhar fenomenológico, as compreensões que articuladas são aquelas que se mostraram no processo investigativo, atentando-se aos modos de presença de estruturas fractais em obras arquitetônicas de distintos povos.

O processo de busca dos materiais analisados foi realizado via Google Acadêmico e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), nos quais foram tomados para análise trabalhos correspondentes aos resultados da busca neste ambiente pelas palavras-chaves: etnomatemática-fractais; etnogeometria – fractais; arquitetura-fractais. Na plataforma do *Google Acadêmico*, foram considerados os resultados obtidos nas 15 primeiras páginas, e no *BDTD*, foram considerados produções dos últimos cinco (05) anos.

Os textos assim destacados serão analisados a partir da Análise Ideográfica e a Análise Nomotética (Bicudo, 2011). Na primeira, numa constante retomada aos dados, voltamo-nos aos aspectos pontuais e singulares que se revelam ao adentrar aos dados da pesquisa (de cada texto). Nesse momento, nos abrimos a materializações que culminaram em Unidades Significativas (US), que representam passagens destacadas nos textos que dizem da pergunta de pesquisa

O processo da Análise Nomotética constitui momento de transcender a análise dos dados individuais que foram expressos na Análise Ideográfica, levando em conta as convergências e divergências das US que, uma vez articuladas apontam para “grandes convergências”, que a partir das interpretações e articulações, trazem percepções, evidências e “esforços para expressar essas articulações pela linguagem. Solicita, enfim, compreensão da estrutura do fenômeno interrogado, tomando os individuais como casos de compreensões mais gerais que dizem agora de ideias estruturais concernentes à região de inquérito” (Bicudo, 2011, p. 59). Compreensões em torno das convergências mediante análise fenomenológica são possíveis caminhos para uma síntese aberta, na qual se transcenderá as primeiras análises, trazendo reflexões acerca da pergunta de pesquisa.





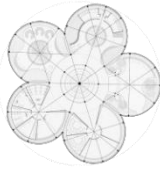

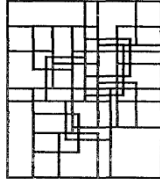
5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS: TECENDO COMPREENSÕES SOBRE A PERGUNTA DE PESQUISA


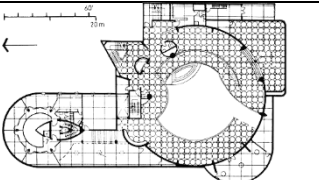

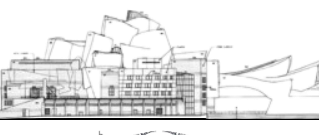
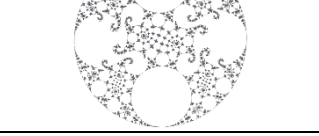

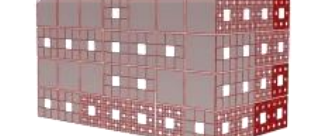


A busca no *Google Acadêmico* e no *BDTD*, com os critérios supracitados, nos legou duzentos e sete (207) produções, sendo cento e oitenta e nove (189) no *Google Acadêmico* e dezoito (18) no *BDTD*. Desconsiderando textos como os relacionados à Geometria Fractal, não fundamentados pela Etnomatemática, e textos sobre a Geometria Fractal aplicada a outras áreas como por exemplo às redes neurais. Preservando apenas produções que focam a Etnogeometria da perspectiva fractal restaram

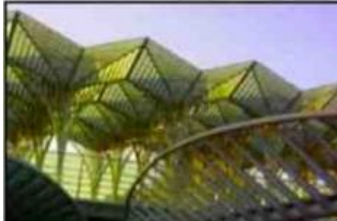
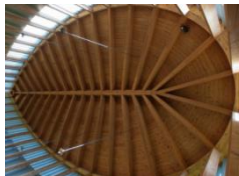

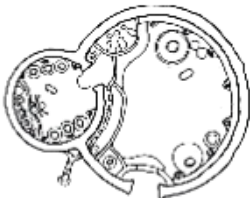

para análise vinte e uma (21) produções: dez (10) artigos em revistas científicas e dois (02) em anais de eventos, três (03) Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de graduação, quatro (04) dissertação de mestrado e duas (02) teses de doutorado.

No Quadro 1, que segue, exibe-se essas produções, bem como a estrutura fractal presente em obras arquitetônicas às quais foram objeto de estudo dos pesquisadores.

Quadro 1 – Relação de artigos, teses, monografias e dissertações para análise da presença da Etnogeometria fractal.

Texto	Título	Autor (es)	Publicação	Estrutura Fractal
1	Forma fractal no ensino de projetos arquitetônicos assistidos por computador.	Maycon Ricardo Sedrez	Repositório UFSC	
2	Processo de projeto paramétrico de elementos de fachada com características da geometria fractal considerando seu comportamento lumínico	Pedro Oscar Pizzetti Mariano	Repositório UFSC	
3	Intenções em arquitetura fractal: uma análise da forma em duas obras de Steven Holl- Sarphatistraat e Loisiun.	Leonardo de Oliveira Brito	Repositório UFSC	
4	Fractando conceitos do urbanismo na arquitetura contemporânea	Carolina Barros e Eduardo Rocha	Portal da UFRN: Projedata	
5	O viver a arte, o refúgio e a natureza como produtos da mesma experiência (URDIR)	Ana Lia Lopes de Azevedo	Repositório Unichristus	
6	Geometria: Fractal e Euclidiana nas construções históricas africanas	Diego Lourenço Francisco de Souza	Repositório Universitário da Ânima (RUNA)	
7	Geometria fractal e atividades para o ensino de matemática: degraus fractais e esponja de Menger	Marcus Vinícius Oliveira Lopes da Silva	Repositório UFBA	

8	Sobre dimensões fractais de ambientes construídos e naturais	Natalia Naoumova, Andrei Bourchtein e Lioudmila Bourchtein	Revista USP	
9	A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo	Ana Maria Sala Minucci Martins e André Felipe Henrique Librantz	Revista Exacta	
10	Arte e cultura: do passado ao futuro.	Carlos Eduardo Silva Leite e Paula Valéria Coiado Chamma	Revista Vérticefib	
11	Os diálogos (geométricos) que Gehry estabelece com a cidade de Bilbao	Luciana Sandrini Rocha e Adriane Borda Almeida da Silva	Revista V!RUS	
12	Geometria fractal numa abordagem etnomatemática.	Paulo Cesar Fassini Barbosa	Revista USP	
13	Arquitetura e complexidade: a geometria fractal com sistema generativo.	Maycon Ricardo Sedrez	Repositório da UNICAMP	
14	Organização compositiva e lumínica de uma fachada fractal: desenvolvimento e avaliação.	Pedro Oscar Pizzetti Mariano e Alice Theserinha Cybis Pereira	Revista USP	
15	CAAD e criatividade, uma experiência com arquitetura Fractal.	Maycon Ricardo Sedrez e Alice Theserinha Cybis Pereira	Revista Risco	
16	Matemática e arquitetura: uso de fractais em mobiliários urbanos.	Rosângela Salles dos Santos, Mirian Carasek, Rosana Maria Luvezute Kripka e Regis Alexandre Lahm	Revista Scientia Plena	

17	Pesquisa de padrões e suas aplicações em arquitetura e urbanismo: ênfase em geometria fractal.	Lorena P. Waihrich, Rosângela S. Santos, Acácio D. Rosalen, Bruna Z. Comin, Paola K. Scheidmandel, Paulo R. Pasquetti, Taciana Dôro	Revista de Asociación Argentina de Mecánica Computacional	
18	Ruskin Digital: uma discussão sobre a natureza do ornamento na arquitetura contemporânea	Diogo Ribeiro Carvalho	Cadernos de Arquitetura e Urbanismo	
19	Geometria, Geometrização e arte afro-islâmica	Henrique Cunha Junior	Revista Teias	
20	Arquitetura de terra e diferentes maneiras de construir.	Maria Estela R. Ramos Penha, Ilana Ramos C. Santos e Israel Jonatas Veloso dos Santos	Anais de congresso-rede terra Brasil	
21	Presença africana na arquitetura e na educação brasileira: uma perspectiva decolonial sob a égide da Etnomatemática	Valdirene Rosa de Souza	Repositório da UNESP	

Fonte: autores

Concluída a fase de pesquisa exploratória, que proporcionou um acervo considerável de textos sobre o tema, revisitamos cada um deles com foco na abordagem vinculada às estruturas fractais presentes na arquitetura. Analisamos o diálogo presente e subjacente na citação do tema, incessantemente indagando: de que maneira a Etnogeometria fractal se manifesta?

Mediante a interpretação realizada, apresentamos no Quadro 2 os modos pelos quais cada texto, sob perspectiva das obras arquitetônicas, aborda a Etnogeometria fractal. Cada um desses modos, no âmbito da Análise Ideográfica, interpreta-se como dados provenientes do processo de unitarização, que são relevantes à compreensão da pergunta de pesquisa. Constitui-se com isso unidades significativas, expressas como Modo de Presença da Etnogeometria Fractal, com abreviação: MPEF1, MPEF2,

MPEF3, e assim por diante, visando trazer evidências sobre a presença questionada na pergunta de pesquisa.

Quadro 2 – Modos de Presença da Etnogeometria fractal nos trabalhos com obras arquitetônicas.

<i>Texto 1</i> – a etnogeometria fractal se manifesta nas construções espontâneas baseadas em crenças religiosas dos templos hindus, respeitando as diversas origens culturais (MPEF1).
<i>Texto 2</i> – a etnogeometria fractal emerge como um elemento expressivo, manifestando-se de forma contínua em obras arquitetônicas desde a antiguidade até a contemporaneidade (MPEF2).
<i>Texto 3</i> – etnogeometria fractal se revela nas obras contemporâneas de Holl, onde os padrões fractais apresentam um limite de interações que contribuem para a singularidade das suas obras arquitetônicas (MPEF3).
<i>Texto 4</i> – etnogeometria fractal se manifesta em suas obras contemporâneas, que se caracterizam por uma liberdade criativa e incorporação de valores externos. (MPEF4).
<i>Texto 5</i> – etnogeometria fractal estar presente na composição das edificações contemporâneas que nasceram e foram concebidas na busca pela representação fractal (MPEF5).
<i>Texto 6</i> – etnogeometria fractal manifesta-se nas construções centenárias, honrando e preservando as culturas e crenças por meio das produções espontâneas do povo (MPEF6).
<i>Texto 7</i> – etnogeometria fractal expressa como atividades e oficinas que resgatem por meio da arquitetura costumes de culturas distintas excluídos ao longo dos séculos (MPEF7).
<i>Texto 8</i> – etnogeometria fractal se expressa nas paisagens e ambientes construídos ou naturais de cidades distintas (MPEF8).
<i>Texto 9</i> – etnogeometria fractal se mostra na cidade contemporânea como um múltiplo fractal, exibindo estruturas fractais nas composições das ruas (MPEF9).
<i>Texto 10</i> – a etnogeometria fractal se mostra como design de recuperação, valorização e incentivo às cidades contemporâneas (MPEF10).
<i>Texto 11</i> – etnogeometria fractal expressa na arquitetura contemporânea do Museu de Bilbao, permeando tanto a sua construção externa quanto interna (MPEF11).
<i>Texto 12</i> – etnogeometria fractal é expressa nas construções espontânea de um povo, isenta do rigor presente na arquitetura contemporânea (MPEF12).
<i>Texto 13</i> – etnogeometria fractal emerge como uma abordagem para conceber obras contemporâneas complexas e distintas, aproveitando os benefícios dos sistemas generativos (MPEF13).
<i>Texto 14</i> – etnogeometria fractal se expõe como um elemento de uma fachada, com características fractais (MPEF14).
<i>Texto 15</i> – etnogeometria fractal se expõe como conteúdo didático para projetos arquitetônicos que abordam o potencial dos fractais na modernidade fazendo uso de computador (CAAD) (MPEF15).
<i>Texto 16</i> – etnogeometria fractal na construção de conhecimentos interdisciplinares, onde a utilização desses padrões oferece uma aplicação prática da teoria matemática em projetos de Arquitetura e Urbanismo (MPEF16).
<i>Texto 17</i> – etnogeometria fractal é exibida com traço de estruturas fractais em obras da modernidade, buscando uma inovação (MPEF 17).
<i>Texto 18</i> – etnogeometria é expressa na contemporaneidade em obras de John Ruskin (MPEF18).
<i>Texto 19</i> – etnogeometria fractal está presente em ornamentações de culturas distintas antigas, desde a arquitetura até o design (MPEF19).
<i>Texto 20</i> – a pesquisa dos autores revela estruturas fractais nas construções antigas de civilizações distantes, destacando a presença da etnogeometria fractal (MPEF20).
<i>Texto 21</i> – etnogeometria se revela como uma proposta para dar visibilidade a saberes distintos que foram historicamente excluídos (MPEF21).

Fonte: autores

Alguns MPEF, quando retomados, mostram-se convergentes a ideias mais abrangentes. O movimento de identificação e registro dessas convergências constituem a Análise Nomotética, donde constitui-se ideias estruturantes a partir do que expressa grupos de US que convergem entre si. As três (3) categorias constituídas das convergências foram nomeadas como Núcleos de Compreensão (NC), tal como expresso no Quadro 3:

Quadro 3 – Organização dos Núcleos de Compreensão

<i>Modos de Presença da Etnogeometria Fractal</i>	<i>Núcleos de Compreensão</i>
<i>(MPEF1) – (MPEF2) – (MPEF6) – (MPEF12) – (MPEF19) – (MPEF20)</i>	<i>NC1 - A Etnogeometria fractal expressas em obras arquitetônicas espontâneas da antiguidade.</i>
<i>(MPEF3) – (MPEF4) – (MPEF5) – (MPEF8) – (MPEF9) – (MPEF10) – (MPEF11) – (MPEF14) – (MPEF17) – (MPEF18)</i>	<i>NC2 –A Etnogeometria fractal expressa em obras arquitetônicas, design, cidades e paisagens naturais contemporâneas.</i>
<i>(MPEF7) – (MPEF13) – (MPEF15) – (MPEF16) –(MPEF21)</i>	<i>NC3 – A Etnogeometria fractal como construção de conhecimentos interdisciplinares na arquitetura e em sala de aula, usando tecnologia.</i>

Fonte: autores

Frisa-se que os Núcleos de Compreensão (NC) se mostram no movimento de convergência, o que reforça o processo investigativo, no qual não se faz ajuizamento prévio sobre a pergunta de pesquisa. Os métodos de pesquisa permitem afirmar que tanto os Modos de Presença da Etnogeometria fractal quanto os Núcleos de Compreensão referem-se à pergunta norteadora e, com isso, entende-se que asserções articuladas sobre cada um dos NC, trazendo os *MPEF (em negrito e itálico)* é um modo de expressar compreensões sobre a investigação. Iniciamos, então, as asserções articuladas, a partir do Núcleo de Compreensão 1 (NC1).

5.1 NC1 - A ETNOGEOMETRIA FRACTAL EXPRESSAS EM OBRAS ARQUITETÔNICAS ESPONTÂNEAS DA ANTIGUIDADE

A longevidade das técnicas arquitetônicas milenares de diversas culturas persiste, mesmo diante do advento de sistemas construtivos mais tecnologicamente avançados e produtivos. Isso ocorre, pois essas práticas incorporam, em sua essência uma perspectiva cultural intrínseca à relação com o metafísico (Penha et al, 2018). O significado e o sentido dessas técnicas estão intrinsecamente ligados à fusão entre forma e conteúdo, processo e resultado, função e forma, passado e futuro, objeto e sujeito, natural e social (Santos, 2006).

As construções milenares da arquitetura de terra representam acúmulos de conhecimento provenientes de diferentes povos, muitos dos quais não possuíam familiaridade com os rigorosos princípios matemáticos da Geometria Fractal. No entanto, essas culturas já empregavam estruturas fractais em suas construções naturais. É imperativo que esses conhecimentos, aplicados à arquitetura, não sejam relegados ao esquecimento, uma vez que valorizar costumes distintos ampliam conhecimentos.

As edificações concebidas por diversas civilizações não apenas visavam proporcionar moradia, mas também constituíam meios essenciais para garantir a sobrevivência a partir dos recursos oferecidos pela própria terra. As estruturas destinadas à proteção e acomodação, planejadas para acomodar possíveis aumentos na população dentro das vilas, não eram expressões de desorganização,

mas sim manifestações de uma organização consciente. A disposição uniforme e repetida dessas construções dentro do espaço refletia uma cuidadosa ordenação, evidenciando uma compreensão refinada da importância da organização na otimização do ambiente para as comunidades locais tal como expressor na Figura correlata ao Texto 6, a Estrutura fractal da vila de Ba-ila (organização da vila), expressa no Quadro 1.

De acordo com Sala (2003), os construtores incorporavam as características da geometria fractal de duas maneiras: inconsciente ou consciente. Na primeira abordagem, *as características fractais são integradas na antiga construção de forma não intencional*, sendo utilizadas por diversas razões e identificadas somente após a conclusão da obra. Já na segunda forma, essas características são incorporadas ao projeto de maneira deliberada, conforme a decisão consciente do construtor (Mariano, 2018).

Os fractais “estão presentes na arquitetura em seu contexto geral ou em diferentes detalhes e volumes singulares” (Mariano p.62, 2018). Então, *a etnogeometria fractal emerge como um elemento expressivo, manifestando-se de forma contínua em obras arquitetônicas desde a antiguidade até a contemporaneidade*. Através dos séculos, arquitetos e construtores têm explorado padrões geométricos complexos, muitas vezes inspirados em concepções culturais e religiosas. Desde as pirâmides do Egito até as catedrais góticas da Europa, e mais recentemente, nos arranha-céus modernos e nas estruturas futuristas, a presença da geometria fractal é inegável. Essa interação entre cultura, arte e matemática não apenas proporciona beleza estética, mas também reflete a profundidade das aspirações humanas e a busca pela compreensão do universo através da forma e da estrutura.

Já na arquitetura dos templos hindus, *a etnogeometria fractal se revela como um elemento intrínseco e transcendentemente tecido nas estruturas que emergem da devoção e espiritualidade*. A intersecção entre a geometria fractal e as crenças religiosas dá origem a uma singularidade, onde cada padrão e proporção são imbuídos de significados sagrados. Essas construções são também representações tangíveis das concepções metafísicas da cosmologia hindu. Ao mesmo tempo, elas incorporam uma riqueza cultural, respeitando e honrando as múltiplas origens e tradições que compõem a tapeçaria da fé hindu. Assim, a etnogeometria fractal se manifesta não apenas como uma expressão estética, mas também como um testemunho da diversidade e unidade que caracterizam a espiritualidade hindu.

Ao explorar a presença da etnogeometria fractal ao longo das culturas antigas, observar-se sua influência não apenas na arquitetura, mas também no design e nas ornamentações. Civilizações como os astecas, maias e incas, por exemplo, incorporavam padrões fractais em suas pirâmides, templos e artefatos cerimoniais, simbolizando sua compreensão da conexão entre o microcosmo e o

macrocosmo. Da mesma forma, as intrincadas decorações encontradas em tapetes persas, e na arte islâmicas e aborígene australiana revelam uma compreensão intuitiva e aplicação prática da geometria fractal em diferentes contextos culturais. Essa presença transversal da etnogeometria fractal destaca sua importância como uma linguagem universal, conectando pessoas e sociedades ao longo da história.

A etnogeometria fractal expressa nas construções centenárias honra e preserva as culturas e crenças por meio das produções espontâneas do povo. Essas estruturas ancestrais são guardiãs vivas da sabedoria e identidade de uma sociedade. Ao incorporar padrões fractais em suas edificações, as comunidades expressam sua compreensão do cosmos e sua relação com o divino, e tecem uma tapeçaria de significados que atravessa gerações. É nesse enlace entre o sagrado e o secular, entre o antigo e o contemporâneo, que a etnogeometria fractal transcende as fronteiras do tempo, inspirando-nos a apreciar e preservar a riqueza cultural da humanidade.

Em um mundo cada vez mais globalizado e interconectado, a importância da etnogeometria fractal na atualidade se torna inegável. Além de sua beleza estética e valor cultural, essa forma de expressão arquitetônica serve como uma ponte entre o passado e o presente, conectando-nos às memórias arquitetônicas esquecidas de sociedades cujos conhecimentos foram excluídos. Ao resgatar e valorizar tais obras arquitetônicas, de culturas distintas, não apenas reconhecemos a diversidade e a riqueza do patrimônio humano, mas também aprendemos lições importantes sobre resiliência, inovação e a capacidade de adaptação ao longo dos séculos. Mais do que simplesmente monumentos históricos, essas estruturas carregam consigo a sabedoria acumulada de civilizações passadas, oferecendo-nos insights valiosos para os desafios contemporâneos. Portanto, ao preservar e estudar a etnogeometria fractal e suas manifestações na arquitetura, estamos não apenas celebrando a diversidade cultural, mas também enriquecendo nossa compreensão do mundo e enriquecendo nosso legado para as gerações futuras.

5.2 NC2 –A ETNOGEOMETRIA FRACTAL EXPRESSA EM OBRAS ARQUITETÔNICAS, DESIGN, CIDADES E PAISAGENS NATURAIS CONTEMPORÂNEAS

No contexto da arquitetura contemporânea, os profissionais buscam constantemente formas de transcender os limites convencionais, explorando novas abordagens que conectam as raízes culturais com a vanguarda do design. Nesse sentido, a etnogeometria fractal insere-se nas obras arquitetônicas como uma expressão única e cativante. Imagine-se imerso em uma paisagem urbana onde os edifícios não são meras estruturas, mas sim manifestações tangíveis de uma identidade cultural profunda. Aqui, *a etnogeometria fractal se manifesta em obras contemporâneas, que se caracterizam por uma liberdade criativa e incorporação de valores externos.* Esses arquitetos visionários não apenas

projetam espaços funcionais, mas também contam histórias através de linhas, formas e padrões que ecoam tradições ancestrais. Cada detalhe é meticulosamente concebido para evocar uma sensação de pertencimento e respeito à diversidade cultural, resultando em ambientes que transcendem o tempo e o espaço, conectando passado, presente e futuro em uma dança harmoniosa de geometria, fractais e criatividade.

Na busca incessante por inovação na arquitetura moderna, a etnogeometria fractal emerge como uma poderosa fonte de inspiração. Presente nas obras contemporâneas, essa abordagem desafia os paradigmas tradicionais ao incorporar traços de estruturas fractais em seu design. Imagine-se caminhando por uma cidade futurista, onde os arranha-céus não seguem mais a rigidez das linhas retas, mas sim a fluidez e complexidade dos fractais. Aqui, ***a etnogeometria fractal revela sua presença marcante, reinventando espaços urbanos com uma estética ousada e inovadora.*** Cada edifício é uma obra de arte em si mesma, com formas que se repetem em diferentes escalas, criando uma sensação de harmonia e continuidade. Essa integração entre etnogeometria e cultura não apenas eleva o conceito de design arquitetônico, mas também enriquece a experiência humana ao proporcionar ambientes que transcendem o ordinário, convidando-nos a explorar e contemplar a beleza da complexidade fractal em nosso meio ambiente construído.

A integração da ***etnogeometria fractal no cenário urbano contemporâneo transcende o mero conceito de design, revelando-se como uma poderosa ferramenta de recuperação, valorização e incentivo às cidades.*** Aqui, a etnogeometria fractal não é apenas uma estética, mas sim um convite à redescoberta e renovação dos espaços urbanos. Os padrões geométricos intrincados que adornam fachadas e praças são símbolos de identidade e pertencimento. Eles ecoam o passado enquanto apontam para o potencial futuro das cidades, inspirando uma nova geração de arquitetos, urbanistas e cidadãos a se engajarem na transformação positiva de seus ambientes urbanos. Nesse contexto, a etnogeometria fractal embeleza as cidades e fortalece, promovendo a inclusão, a diversidade e a sustentabilidade em sua essência.

A etnogeometria fractal se mostra na cidade contemporânea como um múltiplo fractal, exibindo estruturas fractais nas composições das ruas. Em cidades como Barcelona e sua famosa Avenida Passeig (Gràcia), cujo recorte é exibido na Figura 6, podemos observar um exemplo marcante dessa integração. As calçadas, projetadas com mosaicos de azulejos que seguem padrões geométricos complexos, refletem a riqueza cultural da região e a aplicação prática da etnogeometria fractal (Martins e Librantz, 2006). Esse é apenas um exemplo de como a etnogeometria fractal está presente e ativa nas ruas das cidades contemporâneas, enriquecendo o ambiente construído e também a experiência humana no espaço urbano.

Figura 6 – Avenida Passeig (azulejos com padrões geométricos complexos)



Fonte: <https://www.pinterest.ch/pin/350154939752431908/>

A presença *da etnogeometria fractal na composição das edificações contemporâneas revela-se como um testemunho da incessante busca pela representação fractal no cenário arquitetônico*, bem como *emerge como um elemento marcante nas fachadas dos edifícios*. Em cidades como Singapura, a icônica Marina Bay Sands exposta na Figura 6 surge como um exemplo marcante desse conceito, da mesma forma, edifício Burj Khalifa (Figura 7), em Dubai, cuja fachada apresenta uma série de padrões geométricos inspirados na cultura árabe e na geometria fractal.

Figura 6 – Manina Bay Sands



Fonte: <https://litemerarosa.com/wp-content/uploads/2019/08/Foto-2019-05-28-09-57-23.jpg>

Figura 7 – Burj Khalifa



Fonte: <https://cdn.culturagenial.com/es/imagenes/burj-khalifa-og.jpg>

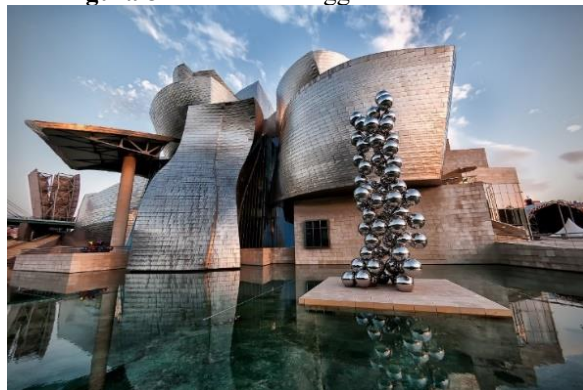
Imagine-se diante de um prédio de aparência singular, onde cada detalhe da fachada parece seguir um padrão geométrico que se repete em diferentes escalas, criando uma sensação de harmonia e beleza. Essa é a manifestação da etnogeometria fractal, expressa nas figuras acima, onde elementos como linhas, texturas e formas se entrelaçam para formar uma composição visualmente cativante. As linhas sinuosas e os padrões repetitivos criam uma estética única que se destaca na paisagem urbana, refletindo a riqueza cultural da região e demonstrando a aplicação prática da etnogeometria fractal na arquitetura contemporânea. Assim, a etnogeometria fractal se revela como um elemento decorativo, mas também como ferramenta poderosa para a criação de espaços urbanos onde a beleza da geometria se funde com a riqueza da cultura, da história e da capacidade de criação do homem.

A expressão da *etnogeometria fractal nas paisagens e ambientes construídos ou naturais de cidades distintas revela-se como uma síntese entre cultura, natureza e design*. Imagine-se percorrendo as ruas sinuosas de Kyoto, onde os jardins zen e os templos ancestrais coexistem harmoniosamente com arranha-céus modernos, criando uma paisagem urbana que ecoa os padrões fractais encontrados na natureza circundante. Da mesma forma, em Brasília, a capital brasileira projetada por Oscar Niemeyer, a geometria fluida e as curvas sinuosas dos edifícios públicos dialogam com o cerrado que se estende até onde a vista alcança, formando uma simbiose única entre o artificial e o natural. Em cada uma dessas cidades, a etnogeometria fractal se manifesta de maneiras diversas, mas sempre como um elo entre as tradições culturais, a beleza natural e a inovação do design urbano.

O Museu Guggenheim de Bilbao exposto na Figura 8, foi projetado pelo renomado arquiteto Frank Gehry, é um marco indiscutível na arquitetura contemporânea e um exemplo inspirador de como *a etnogeometria fractal pode ser expressa tanto na construção externa quanto interna de um edifício*. Situado às margens do rio Nervión, o museu se destaca por suas formas orgânicas e fluidas, que se assemelham a uma escultura dinâmica e futurista. Essa arquitetura icônica incorpora elementos

fractais em sua estrutura, com linhas curvas e superfícies irregulares que criam uma sensação de movimento e fluxo, evocando padrões encontrados na natureza e em diferentes tradições culturais (Rocha e Silva, 2017).

Figura 8 – O Museu Guggenheim de Bilbao



Fonte: <https://wallhaven.cc/w/lq516l>

Segundo Rocha e Silva (2017) ao adentrar o museu, essa mesma estética fractal permeia os espaços internos, criando uma experiência imersiva e envolvente para os visitantes. As galerias e salas de exposição apresentam uma variedade de formas e texturas, com paredes ondulantes e tetos em cascata que proporcionam uma sensação de continuidade e conexão com o ambiente ao redor. Essa abordagem integrada da etnogeometria fractal na arquitetura do Museu Guggenheim de Bilbao enriquece a experiência estética e também ressalta a importância de se reconhecer e celebrar a diversidade cultural e natural em nossas criações arquitetônicas contemporâneas (Rocha e Silva, 2017).

As obras contemporâneas do arquiteto Steven Holl são verdadeiras manifestações da etnogeometria fractal, onde os padrões fractais desempenham um papel crucial na singularidade e na expressão de suas criações arquitetônicas. Ao explorar os limites e interações dos padrões fractais, Holl desafia as convenções estabelecidas, criando espaços que são ao mesmo tempo inovadores e imersivos, como por exemplo o Museu de Arte Contemporânea de Nanjing (Figura 9), na China e o Simmons Hall (Figura 10), no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). O primeiro tem fachada adornada com padrões geométricos que se repetem em diferentes escalas, criando uma sensação de movimento e fluidez (Brito, 2020). O segundo a etnogeometria incorporando-se à própria estrutura e função dos edifícios. Os padrões fractais são utilizados para maximizar a eficiência energética e a iluminação natural, criando espaços que são ao mesmo tempo sustentáveis e esteticamente cativantes (Brito, 2020).

Figura 9 – Museu de Arte Contemporânea de Nanjing



Fonte: <https://imagens-revista-pro.vivadehora.com.br/uploads/2018/03/steven-holl-nanjing.jpg>

Figura 10 – Simmons Hall



Fonte: <https://imagens-revista-pro.vivadehora.com.br/uploads/2018/03/steven-holl-nanjing.jpg>

A exemplo de Steven Holl, o renomado crítico de arte, escritor e filósofo do século XIX, John Ruskin, deixou um legado significativo que ecoa até os dias atuais, especialmente no campo da arquitetura e do design, introduzindo conceitos que hoje são considerados fundamentais para a compreensão da relação entre arte, cultura e sociedade. Entre esses conceitos está a ideia da *etnogeometria, que é expressa de forma marcante em suas obras*. Para Ruskin, a geometria não era apenas uma questão de proporção e forma, mas sim uma linguagem simbólica que carregava consigo as tradições culturais e os valores de uma sociedade (Carvalho, 2017). Em suas análises críticas sobre a arquitetura gótica, por exemplo, Ruskin identificou padrões geométricos complexos que refletiam a habilidade técnica dos construtores, a espiritualidade e a cosmovisão de uma era passada. Além disso, em suas próprias obras de arte e escritos, Ruskin incorporou elementos geométricos inspirados em diversas culturas e tradições, criando uma linguagem visual rica e multifacetada que desafiava as fronteiras entre o local e o global, o antigo e o moderno (Carvalho, 2017).

Com o exposto aqui, entende-se que a etnogeometria fractal expressa e contribui para uma síntese inovadora entre tradição e vanguarda, onde é empregada não apenas como um elemento decorativo, mas também como um princípio orientador que contribui para a singularidade e relevância das criações arquitetônicas.

5.3 NC3 – A ETNOGEOMETRIA FRACTAL COMO CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS INTERDISCIPLINARES NA ARQUITETURA E EM SALA DE AULA, USANDO TECNOLOGIA

Ao longo dos séculos, muitas culturas ao redor do mundo viram suas tradições arquitetônicas e costumes culturais sendo suprimidos ou marginalizados devido a uma variedade de influências, incluindo colonização, modernização e globalização. No entanto, a etnogeometria fractal oferece uma maneira de resistir a essa homogeneização cultural, permitindo que as comunidades reconstruam e revitalizem suas práticas culturais por meio da arquitetura. Essa abordagem *se manifesta de forma dinâmica e inclusiva através de atividades e oficinas que buscam resgatar, por meio da arquitetura, os costumes e tradições de culturas distintas que foram historicamente excluídas ao longo dos séculos*. Essas iniciativas representam uma poderosa ferramenta para a preservação e valorização da diversidade cultural, ao mesmo tempo que promovem a inclusão e o diálogo intercultural. Nessas atividades, a etnogeometria fractal pode ser utilizada como uma linguagem comum que transcende barreiras culturais, permitindo que cada participante contribua com seus conhecimentos e experiências. Essas atividades e oficinas podem resgatar os costumes e tradições de culturas marginalizadas, bem como promover o empoderamento e a autoexpressão das comunidades envolvidas.

A etnogeometria fractal emerge como uma abordagem inovadora e inspiradora para conceber obras contemporâneas complexas e distintas na arquitetura e no design. Ao aproveitar os benefícios dos sistemas generativos, essa metodologia combina elementos geométricos inspirados em diversas culturas e tradições com algoritmos computacionais, resultando em criações potencializam a criatividade humana. A interação entre o local e o global, o tradicional e o moderno, permite a concepção de espaços arquitetônicos que impressionam visualmente e promove uma conexão mais profunda e significativa entre a arquitetura e as comunidades que a vivencia.

Além disso, *a etnogeometria fractal também se revela como um conteúdo didático essencial para projetos educacionais em arquitetura e matemática*. Ao introduzir os alunos ao mundo dos fractais e sua aplicação na arquitetura moderna, especialmente por meio de ferramentas de Computação Aplicada à Arquitetura e ao Design (CAAD), a etnogeometria fractal enriquece o currículo educacional. Permitindo que os estudantes experimentem virtualmente com formas, padrões e estruturas fractais, a abordagem proporciona uma compreensão mais profunda e abrangente dos princípios fractais, preparando os futuros profissionais para enfrentar os desafios e oportunidades da prática arquitetônica contemporânea de forma mais informada e criativa.

No entanto, *a etnogeometria fractal emerge como uma ponte entre diferentes campos do conhecimento, promovendo a construção de saberes interdisciplinares ao unir a teoria matemática com a prática da arquitetura e urbanismo*. A utilização desses padrões geométricos complexos

oferece uma aplicação prática dos conceitos matemáticos, enriquecendo o aspecto estético e a funcionalidade e sustentabilidade dos projetos arquitetônicos e urbanísticos.

Então, a *etnogeometria se revela como uma proposta essencial para dar visibilidade a saberes distintos que, ao longo da história, foram sistematicamente excluídos e marginalizados*. Esta abordagem reconhece a importância dos conhecimentos tradicionais e culturais, muitas vezes desconsiderados em contextos acadêmicos e institucionais, e busca resgatar e valorizar essas formas de sabedoria. Ao incorporar elementos geométricos e culturais de diversas comunidades e tradições, a etnogeometria pode ampliar o entendimento do mundo ao nosso redor e promover a inclusão e o reconhecimento da diversidade de perspectivas e experiências. Dessa forma, a etnogeometria constitui-se como ferramenta para a análise e compreensão da geometria em diferentes culturas e como um instrumento poderoso para a promoção da justiça epistêmica e da equidade no campo do conhecimento humano.

Dessa forma, ao incorporar os princípios da Etnogeometria Fractal na educação em Arquitetura e Urbanismo, criamos oportunidades para promover a inclusão e a diversidade em nossos espaços de ensino e de aprendizagem. É através desse diálogo entre a matemática, a arquitetura e a diversidade cultural que podemos construir um ambiente mais justo e equitativo para todos, entendendo que a cor da pele, o sotaque e a língua nativa são apenas detalhes em um campo complexo de identidades compartilhadas.

A etnogeometria fractal oferece uma perspectiva inovadora e rica para o ensino de matemática e geometria, integrando conceitos geométricos com práticas culturais e a natureza fractal dos padrões encontrados em várias culturas ao redor do mundo. Esta abordagem reconhece a diversidade cultural e também a complexidade intrínseca dos padrões geométricos, conectando conceitos abstratos com experiências tangíveis e contextos étnicos específicos.

Ao explorar os padrões fractais presentes em manifestações culturais, como por exemplo arte indígena, arquitetura tradicional e tecelagem, os alunos podem entender como a geometria está intrinsecamente ligada à identidade e à expressão cultural de diferentes povos. Isso pode tornar a matemática mais relevante e significativa para os alunos, bom como pode promover uma apreciação mais profunda da diversidade cultural.

Além disso, a etnogeometria fractal amplia as perspectivas sobre o que é geometria, desafiando noções tradicionais e eurocêntricas. Ao reconhecer e valorizar os diferentes modos de compreender e representar formas e padrões, os alunos são incentivados a pensar de forma mais crítica e criativa sobre conceitos geométricos. Eles podem explorar como diferentes culturas interpretam os padrões fractais presentes na natureza, expandindo seu entendimento da geometria.

A integração de práticas culturais relacionadas à etnogeometria fractal nas atividades de sala de aula oferece oportunidade para que os alunos realizem seus conhecimentos matemáticos em contextos do mundo real. Por meio de projetos que envolvem a criação de arte fractal inspirada em culturas específicas ou a análise de padrões geométricos em estruturas arquitetônicas tradicionais, os alunos desenvolvem habilidades de resolução de problemas e raciocínio matemático enquanto exploram e valorizam a diversidade cultural.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos três núcleos da etnogeometria fractal evidencia elementos com os quais tecemos compreensão sobre *como a etnogeometria fractal se faz presente na arquitetura realizada por diferentes povos*. Ela revela uma jornada que perpassa diferentes épocas e contextos, evidenciando a sua relevância ao longo da história e na contemporaneidade. Desde as obras arquitetônicas espontâneas da antiguidade até as criações arquitetônicas, design urbano e paisagens naturais contemporâneas, a presença da etnogeometria fractal é notável, refletindo a intrincada relação entre cultura, geometria e ambiente construído. Além disso, o papel da etnogeometria fractal na construção de conhecimentos interdisciplinares na arquitetura, especialmente por meio da integração de tecnologia em sala de aula, destaca-se como um importante avanço na educação arquitetônica, podendo proporcionar aos alunos uma compreensão mais profunda e prática dos conceitos geométricos em contextos reais. Assim, a etnogeometria fractal não apenas enriquece nossa compreensão das geometrias e das culturas, mas também inspira a inovação e o diálogo interdisciplinar, fortalecendo os laços entre passado, presente e futuro na busca por espaços construídos mais inclusivos, sustentáveis e significativos.

Diante disso, este trabalho se faz relevante, pois focando as etnogeometrias, nos modos de se mostrar a variedade de fractais nos trabalhos arquitetônicos realizados por povos de diferentes culturas, em espaços e tempos distintos, pode-se possibilitar que o leitor desta pesquisa, constituído por todas as vivências que lhe fazem um ser histórico-cultural, compreenda a presença do outro nas diversas perspectivas possíveis: outro sujeito, outra cultura, outro espaço, outra historicidade, outras objetividades e subjetividades. Esta compreensão consolida no sujeito uma ampliação de si, enquanto ser no mundo.

Os fractais, e eles inseridos em obras arquitetônicas são evidências da diversidade cultural supracitadas, são criações que abarcam o espaço e o tempo e, quando estudados fora desse contexto espaço-temporal, permitem o vislumbre de aspectos das sociedades nas quais se originaram, de suas práticas culturais.

A percepção do outro é estruturante da Etnomatemática, pois configura o dar-se conta de que o outro faz ou pode fazer matemática de modos distintos. Se esse fazer envolve fractais na arquitetura, pode haver também diferenças evidências que, quando focadas, podem mostrar regras e técnicas de produção de matemáticas correlatas ao ambiente sócio-histórico-temporal da criação dessa arquitetura. No exercício de atenção de um sujeito à diversidade, à multiculturalidade, dando-se conta de si e de sua historicidade, para a partir disso compreender o diferente, sem subjugar-lo, realiza-se um movimento à priori de intencionalidade, de estar voltado às possibilidades de matemáticas, de geometrias, aos modos de fazer e praticar etnogeometrias, tal como nos projetos e construções arquitetônicas.

Assim, reforçando a relevância deste trabalho, entende-se que o mesmo é de caráter descentralizador ao permitir um redirecionamento de propostas pedagógicas antes hegemônicas europeias, para a ressignificação de abordagens tendo como um dos instrumentos os fractais. Com isso, assumir a presença de etnogeometrias, desprendendo-se da afirmação de uma matemática ou geometria universal, é construir um caminho de decolonialidade, indo na contramão de padrões e conceitos tacitamente postos.

É importante pensar o ensino de matemática nessa perspectiva, da decolonialidade, pois o período escolar e o que se aprende nele constituem a pessoa que, posteriormente, irá tomar decisões relacionadas ao seu entorno, à sociedade, das mais simples às mais complexas, a depender da profissão. Muitas destas decisões podem ir de encontro, também, ao preconceito e racismo, pois o trabalho com fractais nas obras arquitetônicas pelo mundo, sob perspectiva da Etnogeometria pode constituir nos alunos a compreensão de que são pessoas imersas em várias culturas, pela característica da construção da sociedade brasileira. Assim, podem entender que nessa imersão cultural, que é compartilhada todos os dias, a cor da pele, o sotaque, a língua nativa, são só detalhes e que, portanto, o racismo antinegro, os preconceitos contra os indígenas e outros grupos devem ser combatidos, para que os espaços, dentre os quais os de produção e de disseminação de conhecimentos sejam democráticos, de acesso a todos, sem distinção.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. S.; ALVES, G.; PINHEIRO, J. M. L.; FLORES, C. O. V. O infinito: compreensões que perpassam teorias, ensino e aprendizagem. *Revista Paranaense de Educação Matemática*, v. 9, p. 279-305, 2020.
- BARBOSA, P. C. F. Geometria fractal numa abordagem etnomatemática. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Matemática Licenciatura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2009.
- BICUDO, M. A. V. (Org.). Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica. 1. ed. São Paulo: Cortez, p. 7-28, 2011.
- BRITO, L. O. Intenções em arquitetura fractal: uma análise da forma em duas obras de Steven Holl-Sarphatistraat e Loosium. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- CARVALHO, D. R. Ruskin Digital: uma discussão sobre a natureza do ornamento na arquitetura contemporânea. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, v. 24, n. 35, p. 134-134, 2017.
- COSTA, C. Etnogeometria de artefatos tradicionais: explorações educacionais. In: *Matemática com vida: diferentes olhares sobre a geometria*. p. 11, 2020.
- DETONI, A. R.; PINHEIRO, J. M. L. Compreensões filosóficas para uma alternativa do pensamento geométrico. *REVEMAT*, v. 11, p. 232, 2017.
- D'AMBROSIO, U. *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade*. Belo Horizonte: Autêntica, 2016.
- D'AMBROSIO, U. *Etnomatemática: arte ou técnica de explicar e conhecer*. São Paulo: Ática, 1998.
- GERDES, P. *Etnogeometria: cultura e o despertar do pensamento geométrico*. Instituto Superior de Tecnologias e de Gestão (ISTEG), Belo Horizonte, Boane, Moçambique 2012.
- LIMA JUNIOR, A. V.; ARAÚJO, S. S.; OLIVEIRA, V. C.; PINHEIRO, J. M. L. Etnomatemática e formação de professores de matemática: uma reflexão sobre currículos de universidades públicas brasileiras. *Revista de Educação Matemática*, v. 18, p. 1-19, 2021.
- MANDELBROT, B. *Objetos fractais: forma, acaso e dimensão/panorama da linguagem fractal*. 2. ed. Lisboa: Gradiva, 1998.
- MARIANO, P. O. P. Processo de projeto paramétrico de elementos de fachada com características da geometria fractal considerando seu comportamento lumínico. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- MARTINS, A. M. S. M.; LIBRANTIZ, A. F. H. A geometria fractal e suas aplicações em arquitetura e urbanismo. *Exacta*, v. 4(esp.), p. 91-94, 2006.

PENHA, M.; SANTOS, I. R. C.; DOS SANTOS, I. J. V. Arquitetura de terra e diferentes maneiras de construir. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2018.

ROCHA, L. S.; DA SILVA, A. B. A. Os diálogos (geométricos) que Gehry estabelece com a cidade de Bilbao. Revista V!RUS, v. 1, n. 14, 2017.

RIOS, D. P. Primero etnogeometria para seguir con etnomatemática. In: Anais do Primeiro Congresso Brasileiro de Etnomatemática – CBEm-1, p. 357-375, 2000.

SALA, N. Fractal Geometry And Self-Similarity In Architecture: An Overview Across The Centuries. The International Society of the Arts, Mathematics, and Architecture, [s. l.] p. 235-244, 2023.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. ed. 2. reimpr. São Paulo: Edusp, 2006.

SOUSA, D. L. F. Geometria: fractal e euclidiana nas construções históricas africanas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVA, M. V. O. L. Geometria fractal e atividades para o ensino de matemática: degraus fractais e esponja de Menger. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

SEDREZ, M. R. et al. Forma fractal no ensino de projeto arquitetônico assistido por computador. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

STEWART, I. Os números da natureza: a realidade irreal da imaginação matemática. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.