

DESENVOLVIMENTO DE GRIDS BIOINSPIRADOS APLICADOS AO DESIGN DE GEMAS E ROCHAS

DEVELOPMENT OF BIOINSPIRED GRIDS APPLIED TO THE DESIGN OF GEMS AND ROCKS

Felipe Foerstnow Szczepaniak ¹

Frances Danckwardt ²

Lauren da Cunha Duarte ³

Liane Roldo⁴

Resumo

Jóias e demais objetos que utilizam materiais gemológicos, pelas demandas de mercado, requerem inovação. Embora existam diversas maneiras de inovar, a diferenciação pelo design pode ser uma alternativa. Métodos para o design de gemas ou rochas são escassos. Este estudo fornece passo a passo um método para a configuração de gemas ou rochas a partir de grids bioinspirados e design de superfície. Através da revisão de literatura foram selecionados estudos que contribuíram para o desenvolvimento desse método denominado de biogrid ou gemagrid/gemogrid. O método de oito etapas foi experimentado, gerou sessenta grids bioinspirados, dentre eles quatro foram analisados e um utilizado para gerar oito designs de gemas ou rochas os quais foram categorizados. Os grids são vetores lineares produzidos por gravação a laser em substrato alternativo, papéis coloridos, e os designs gerados a partir deles são desenhos tridimensionais elaborados em *software* específico. Por fim, faz-se recomendações.

Palavras-chave: bioinspirado; design de gemas; grid; biônica; design de superfície.

Abstract

Jewels and other objects that use gemological materials due to market desire require innovation. While there are several ways to innovate, design differentiation can be an alternative. Methods for the design of gemstones or rocks are scarce and need studies. This study provides a step-by-step method for the configuration of gems or rocks from bio-inspired grids and surface design. Through the literature review, was selected studies that contributed to the development of this method called biogrid or gemogrid. The eight-step method was experimented and generated sixty bio-inspired grids, four of which were analyzed and one of them was used to generate eight gem or rock designs which were categorized. Grids are linear vectors later laser engraved on colored papers, and the designs generated from them are three-dimensional drawings drawn up in specific software. Finally, recommendations are made.

Keywords: bioinspired; gems design; grid; bionics; surface design.

¹ Mestre em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – foerspak@gmail.com

² Mestra em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – frandanckwardt@gmail.com

³ Doutora, PGDesign/Universidade Federal do Rio Grande do Sul – lauren.duarte@ufrgs.br

⁴ Doutora, PGDesign/Universidade Federal do Rio Grande do Sul – liane.roldo@ufrgs.br

1. Introdução

O desenvolvimento de gemas e rochas diferenciadas pode agregar maior valor às joias e à outros produtos, como por exemplo: roupas, bolsas, lustres, portas, relógios, vidros de perfume, etc. Acredita-se que materiais gemológicos e rochas possam ser configurados a partir de grids bioinspirados, isto é, redes, malhas, linhas-guia ou grades gráficas desenvolvidas com técnicas de design de superfície e inspiradas por elementos da natureza, para romper a ortogonalidade.

Segundo Pipes (2010), o desenho é um meio de expor e comunicar conceitos, sendo uma manifestação dos processos do pensamento e é frequentemente utilizado por designers, artistas e diversos outros profissionais os quais desenvolvem a aparência dos objetos. O ato de desenhar remonta os primórdios da humanidade e continua sendo imprescindível à civilização humana, pois ajuda o homem a organizar seu pensamento, além disso, é constantemente inovado com o uso da tecnologia.

O projeto de adornos pessoais no Brasil está mais voltado ao design de joias ou bijuterias evidenciando um espaço importante no que diz respeito ao design de gemas e rochas. No Brasil, por exemplo, alguns dos problemas nessa área são a não diferenciação dos designs dos materiais gemológicos e a exportação desses materiais ainda em estado bruto ou beneficiamento primário. Esses são alguns dos motivos que levam à defasagem econômica e estética (SZCZEPANIAK, 2016). O comércio de gemas, rochas e produtos derivados delas movimentam o mercado financeiro, além de trazer beleza à humanidade. É de fundamental importância na indústria gemológica a introdução de produtos novos ou substancialmente melhorados, métodos de produção, dentre outras maneiras de inovar, a fim de atrair consumidores, competir com o mercado exterior e gerar empregos e rendas (OCDE, EUROSTAT, 2007). Existem lapidações de gemas clássicas as quais são mundialmente utilizadas, entretanto, métodos criativos para o desenvolvimento de novas configurações são raros. O campo de design de joias possui maior foco nesse sentido. O método criativo para a criação de joias de Copruchinski (2011) é um exemplo.

Observou-se que as grades (grids) são frequentemente estudadas e utilizadas conscientemente ou inconscientemente para organização de dados visuais, no entanto, o seu uso para gerar novas formas, volumes e texturas pode ser aplicado em outras áreas, mais especificamente com relação ao design de gemas ou rochas. Assim sendo, esse trabalho visa desenvolver um método para o desenvolvimento de produto, denominado Biogrid ou Gemogrid/Gemagrid, voltado para o design de gemas e rochas a partir de grids bioinspirados.

2. Design de Gemas, Rochas e Superfície

Segundo Schumann (2006), as gemas ou pedras ornamentais podem ser consideradas como toda a substância, natural, artificial ou cultivada, orgânica ou inorgânica, bruta ou lapidada, utilizada como ornamento, como por exemplo, madeiras, vidros, ossos, minerais, etc.; valorizadas pela raridade, beleza e durabilidade. Dentre elas, podem-se citar o diamante, o quartzo e a pérola dentre inúmeras outras incluindo as rochas as quais também podem ser lapidadas para serem utilizadas em joias e outros objetos. Compreendem-se as rochas como agregados de minerais de diferentes espécies.

As gemas e as rochas, de modo geral, podem ser tratadas ou beneficiadas envolvendo todo o seu material, somente sua superfície externa (parte superior, inferior e laterais), somente suas superfícies internas (se transparentes ou translúcidas) ou somente determinadas partes. Ressalta-se que ao fatiar uma gema, no caso de gemas compostas

(duplas ou *doublets* e triplas ou *triplets*), são obtidos determinados números de superfícies internas de acordo com o número de fatias, o que gera maior possibilidade de ornamentação interna (SCHUMANN, 2006; SZCZEPANIAK, 2016).

A ornamentação de superfícies com grafismos, manchas de cor, texturas táteis (relevos) ou visuais é uma prática antiga que vem agregando valor a objetos, pois ao alterar o desenho superficial de algo, ele é renovado e conseqüentemente revalorizado (JONES, 2010). Conforme Rüttschilling (2008), os designers seguem alguns princípios básicos na decoração de superfícies: módulo, repetição, linguagem visual e composição, pois geralmente os elementos visuais se repetem harmonicamente ao longo da superfície. No design de superfície, que trata de texturas ou de desenhos para aplicação em distintas superfícies, o desenvolvimento do design de superfície inicia com a concepção do módulo que é a unidade que possui os elementos visuais básicos, e ao ser repetido, colocado lado a lado com reflexão ou giro, configura uma padronagem. Conforme o módulo é reorganizado novas padronagens podem surgir (RÜTHSCHILLING, 2008). Com relação às gemas, devem-se atentar às suas propriedades físicas, sua superfície pode ser bruta, polida ou fosca com diferentes graus de rugosidade, além de poder receber recobrimentos com outros materiais. Esses recobrimentos e manipulação da superfície podem exibir cores, texturas e demais efeitos ópticos. A possibilidade dos tratamentos serem seletivos, gerando um contraste, é que gera o design de superfície.

A união de minerais semelhantes ou de diferentes minerais, formando um mosaico, é uma alternativa com inúmeras possibilidades de combinações de cores e de materiais os quais geram novos objetos. Com relação à forma, a simples formatação de um material gemológico já o valoriza, podendo em alguns casos gerar significado através de formas figurativas ou abstratas. Apesar de existirem diversos tipos de lapidações tradicionais, envolvendo superfícies curvas ou facetadas, a lapidação fantasia ou diferenciada possibilitadas pelas tecnologias atuais elevam o design de gemas a novos patamares de inovação (IBGM, 2009; SZCZEPANIAK, 2016).

Existem diversas maneiras de diferenciar, valorizar e revalorizar produtos. Inúmeras tecnologias possibilitam a concretização de projetos de diferenciação das gemas e rochas pelo design, dentre elas: usinagem, gravação a laser, corte por jato d'água, lapidação por ultrassom, metalização, irradiação seletiva, recobrimento, fosqueamento, colagem com ultravioleta, microcápsulas e dentre outras (IBGM, 2009; SCHUMANN, 2006; CIDADE; DUARTE, 2014; SZCZEPANIAK, 2016; SOARES et al., 2016; CIDADE et al., 2018). Além disso, sistemas CAD/CAM (projeto e manufatura auxiliados por computador) facilitam a concepção de objetos para a produção em série (ENDERSON, ANDERSON, 1984; ROCHA et al., 2013).

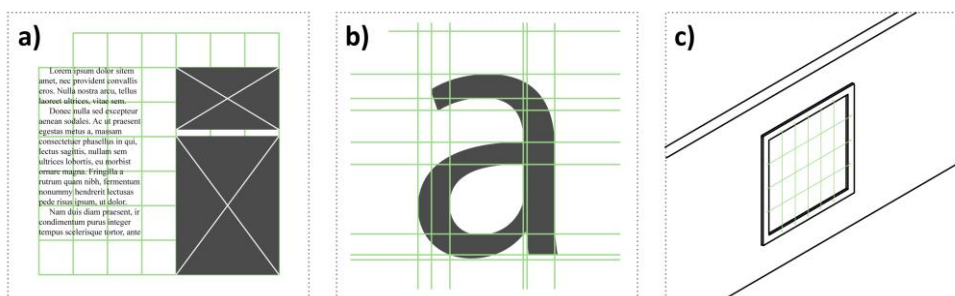
3. Grid

O grid ou grade tradicionalmente conhecido surge em meados de 1930 e é intensamente utilizado em peças renomadas de design. É utilizado como técnica base do design gráfico e no meio digital, proporcionando diversas possibilidades de ordenação visual para imagens e textos (BOULTON, 2006). Entretanto, neste artigo, observa-se que é possível distinguir outras funções do grid: 1) Grid para organização de informações; 2) Grid para gerar desenhos bidimensionais e tridimensionais; e também 3) Grid como estrutura ou proteção física, expostos na Figura 1.

Em um material gráfico, a escolha da área de texto, largura das colunas ou o alinhamento não são arbitrários, mas sim, devem ser alinhados de acordo com uma grade de linhas-guia geralmente horizontais e verticais ou grade quadriculada (WILLIAMSON, 1986). Esse alinhamento permite com que o leiaute final seja ordenado, geometricamente claro e harmonioso (NICKEL, 2011). Segundo o designer gráfico Müller-Brockmann (1961), o grid é

uma ajuda, mas não uma garantia. Ele permite inúmeras possibilidades de uso e cada designer pode ter uma solução apropriada conforme o seu estilo. Essas linhas-guia são invisíveis, são utilizadas para auxílio do projeto visual, depois desaparecem. Contudo, em alguns casos elas permanecem como elementos de decoração e conceito estético, como por exemplo, na capa do livro de Samara (2007) sobre grids. Há outros casos em que as linhas auxiliam a separação de dados e continuam aparentes, são eles: tabelas, linhas dos cadernos, formulários, etc.

Figura 1: Outras Funções do Grid: a) Organização de Dados; b) Desenhos e c) Estrutura ou Proteção



Fonte: Elaborado pelos autores.

Boulton (2006) salienta a importância da separação, mesmo que mental, da forma e função. Deve-se pensar e considerar a proporção e pontos estéticos como peça chave e resultado final, para que se tenha uma linha de construção correta, que parta do emocional e termine no matemático. Coloca também que equações matemáticas e regras são elementos fundamentais que garantem o sucesso do grid, gerando proporções visualmente adequadas. No entanto, mesmo que o grid direcione as decisões dos designers para as mais agradáveis, no que se trata de estrutura visual, é importante que não se limite a ele, quebrando assim, o fluxo natural do design (NOACK, 2010). A partir de pesquisas com artistas e músicos, Nicolai (2009) aponta que essa equação sistemática está presente não só em grid, mas em toda e qualquer informação visual e formas, sejam elas de ilustradores, designers gráficos, artistas ou arquitetos.

Para Poynter (2003), a estrutura visual está lá para que o conteúdo seja posto em proporções que sejam agradáveis aos olhos. Sendo assim, pode-se verificar que páginas e superfícies alinhadas em cima de grids cuja proporção está de acordo com a sequência de Fibonacci ou proporção áurea são mais agradáveis ao olhar. A sequência de Fibonacci corresponde a números inteiros, usualmente iniciados por 0 ou 1 no qual seu termo subsequente corresponde a soma dos dois anteriores. Pode-se encontrar estas proporções na natureza.

É possível a elaboração de grid a partir de diversas formas, partindo do mais simples quadrado ou conjunto de pontos equidistantes a um complexo grid de formas irregulares. Lupton (2016) denomina “grids alternativos” os *grids* voltados à organização de imagem e texto gerados de modo criativo e não ortogonais.

As linhas-guia dos grids não são somente utilizadas para a organização de dados na diagramação, mas também para gerar formas, estampas, superfícies, tipografias, marcas, produtos, ilustrações, bordados em ponto cruz, desenhos técnicos em perspectiva isométrica, plantas-baixa em papéis milimetrados, dentre outros. Grids quadriculados são também empregados para auxiliar a cópia ou ampliação ou redução de desenhos de modo manual. Esses também são usados para deformar ou colocar imagens em perspectiva (ROSSI, 2006). Manferdini (2015), por exemplo, constrói um caminho diferenciado, se inspira nas fachadas de prédios para desenvolver grids ortogonais multicoloridos como obras de arte.

As formas são classificadas, conforme Wong (1998), como figurativa, verbal e abstrata. Grids que auxiliam o desenvolvimento dessas formas funcionam como o observar as nuvens ou o conjunto de estrelas e imaginar figuras nelas, isto é, partem da imaginação do projetista (PRIBERAM, s/d). Caso ocorra o reconhecimento de forma conhecida, por exemplo, rostos, tal fenômeno é denominado pareidolia, conforme demonstram as pesquisas de Real (2014), Maranhão-Filho e Vincent (2009) e Liu et al. (2014). Ressalta-se que a pareidolia é instigada nos testes psicológicos de borrões de Rorschach (REAL, 2014). Pode-se pensar o desenvolvimento de desenhos nos emaranhados de linhas dos grids, a partir de Wong (1998), com os conceitos de separação, contato, superposição, interpenetração, união, subtração e interseção de formas, além da Gestalt com a percepção de fechamento, proximidade, semelhança, simetria, equilíbrio, regularidade, pregnância, unidade, boa-forma, figura-fundo, etc (BOCK et al., 2001).

Por fim, grids estruturais são aqueles tridimensionais, objetos físicos que sustentam ou protegem ou delimitam e ao mesmo tempo ornamentam algo, são exemplos: cobogós, redes de pesca, grades de proteção, tramas, quebra-cabeças, demais elementos de arquitetura e dentre outros. Por exemplo, Roelofs (2008) constrói *grids* geométricos estruturais para cúpulas, esferas, dentre outras formas geométricas. Entretanto, podem-se também encaixar nessa categoria os *grids* tridimensionais (malhas virtuais) utilizados para representar os desenhos virtuais de três dimensões.

4. Bioinspiração

Os termos biomimetismo, bioinspiração e biônica muitas vezes são utilizados como sinônimos, mas podem denotar significados diferenciados, como aponta Andrade (2014). Apesar disso, o que esses termos possuem em comum é o conceito de estudar a natureza e utilizar o conhecimento adquirido, conforme já observava Leonardo Da Vinci (ARRUDA, 2002; ECO, 2004). Existem diferentes métodos para obter esse conhecimento e chegar a algum resultado, dentre eles as propostas e estudos de Lodato (2000), Songel (2001), Kindlein Junior e Guanabara (2005), Wilson (2008), Wen et al. (2008), Vincent (2009), Shu (2010), Forniés e Muro (2012), Oliveira (2012) e Reisen et al. (2016). Por exemplo, as etapas básicas do método que utiliza a biônica de Kindlein Junior e Guanabara (2005) incluem seleção, coleta, preparação e observação das amostras, em sequência, a parametrização, a analogia do sistema natural com o produto e, por fim, a aplicação projetual.

Neste texto é utilizado o termo bioinspiração, pois o projetista de lapidações e cortes para o design de gemas e rochas não avaliará a funcionalidade do elemento natural que será utilizado no desenvolvimento dos grids, apenas o utilizará de modo livre e abstraído para os seus projetos, não sendo também uma mimese completa. Assim, o projetista não realizará a etapa de analogia com o elemento estudado e produto a ser desenvolvido, proposta pelo método de Kindlein Junior e Guanabara (2005). Caberia também denominar por biomorfismo, pois vale-se de inspiração estética, como formas, proporções e harmonia encontradas nos sistemas naturais (KUHLMANN, 2011).

O estudo da natureza permite a reflexão e a inovação de produtos e, além disso, pode anexar ao design um caráter de aproximação com o usuário, podendo atraí-lo emocionalmente. Trata-se de um conhecimento multidisciplinar, por isso encontram-se estudos nas mais diversas áreas do saber, como por exemplo, computação, design, arquitetura, medicina, comunicação, engenharia e dentre outros (TOPAZ, 2016). Com o avanço das tecnologias as possibilidades de novas descobertas aumentam. Materiais e superfícies biológicas podem ser observadas da macro escala a nano escala (BHUSHAN, 2009).

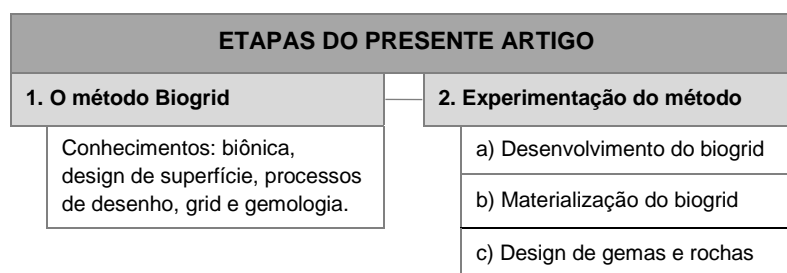
São exemplos de estudos sobre elementos naturais a criação de uma composição

musical a partir da natureza, de Donati e Strona (2011); o projeto de um frasco de perfume feminino inspirado em um vegetal, por Domingues (2012); a textura de Dapper (2013) desenvolvida a partir de um líquen, com auxílio da digitalização 3D, para adesão da argamassa de revestimento em painéis de argamassa; o estudo de Mirkhalaf et al. (2014) sobre aumento da resistência a fratura do vidro através da inspiração em concha de molusco e dente; a explanação sobre algoritmo genético de Sastry et al. (2014); o estudo de Xue et al. (2010) sobre flores para aplicação em projeto de parabólicas solares; a abordagem de Reisen et al. (2016) apontando a biomimética na organização de produção dentre outros. A partir disso, acredita-se no poder da inspiração na natureza para gerar designs de gemas e rochas autorais.

5. Materiais e Métodos

A Figura 2 apresenta as etapas de desenvolvimento do trabalho; ele é dividido em duas partes: 1) O método Biogrid: desenvolvimento do método de grids bioinspirados voltados ao design de gemas e rochas e 2) Validação do método. Observa-se que a segunda parte é subdividida em outras três etapas.

Figura 2: Representação das Etapas Metodológicas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na primeira parte, “O método Biogrid”, estudou-se as metodologias para a elaboração de grids bioinspirados a partir do design de superfície e da biomimética. Assim, o desenvolvimento desse método se dá a partir da avaliação das metodologias dos autores constantes no Quadro 1.

Quadro 1: Principais Autores Consultados Para o Desenvolvimento do Método Biogrid

CONHECIMENTOS E METODOLOGIAS ADAPTADAS		
AUTOR	CONHECIMENTO	METODOLOGIA
Dapper (2013)		Design de superfície
Kindlein Junior et al. (2004)		Biônica
Kindlein Junior e Guanabara (2005)		Biônica
Wong (1998)	Construção de formas	
Rossi (2006)	Construção de formas	
Löbach (2001)		Design industrial
Rüthschilling (2008)		Design de superfície
Rocha et al. (2013)		CAD/CAM (Projeto e manufatura auxiliados por computador)
Copruchinski (2011)	Exercícios criativos geradores de formas para o projeto de joias	
Müller-Brockmann (1961)	Grid	

CONHECIMENTOS E METODOLOGIAS ADAPTADAS		
AUTOR	CONHECIMENTO	METODOLOGIA
Oliveira (2012)		Design de superfície
Poyner (2003)	Grid	
Schumann (2006)	Materiais gemológicos e rochas	
IBGM (2009)	Design de gemas	

Fonte: Elaborado pelos autores.

O método gerado, Biogrid, foi testado em dois elementos da natureza de modo a oferecer a validação do método. A partir das fotografias das formas da inflorescência da planta *Aloe arborescens* Miller e da folha da *Tradescantia zebrina* Heynh, foram desenvolvidos sessenta biogrids.

5.1. O Método Biogrid

O Quadro 2 apresenta o passo a passo do método Biogrid. Esse método é composto por oito etapas básicas que possibilitam inúmeras combinações e adaptações.

Quadro 2: Etapas do Método de Construção de Biogrids Para o Design de Gemas e Rochas

MÉTODO DE CONSTRUÇÃO DE BIOGRIDS PARA O DESIGN DE GEMAS OU ROCHAS	
ETAPA	DENOMINAÇÃO
1	Escolha do elemento natural
2	Observação do elemento natural (Bioinspiração)
3	Desenho do elemento natural
4	Construção do módulo
5	Repetições do módulo (Design de Superfície) e elementos da natureza
6	Complexidade
7	Materialização do Biogrid
8	Design de gemas e rochas

Fonte: Elaborado pelos autores.

As oito etapas do método biogrid para o design de gemas ou rochas especificam:

- **Escolha do elemento natural.**

Qualquer elemento encontrado na natureza pode ser empregado na construção de biogrids e mais do que um pode ser utilizado. Contudo, quanto mais orgânico for o seu formato mais interessante será o seu uso. São exemplos: folhas de vegetais, flores, insetos, animais, etc.

- **Observação do elemento natural (Bioinspiração).**

O objeto escolhido pode ser observado em distintas escalas, variando do macro ao micro e até nano, também podem ser selecionadas somente algumas partes dele. Para isso, algumas tecnologias são necessárias: microscópios, lupas, câmeras fotográficas, digitalização bidimensional (scanner) ou tridimensional e desenho de observação.

- **Desenho do elemento natural.**

É o reconhecimento das formas, texturas, geometria ou contornos do objeto natural a partir da vetorização bidimensional em *softwares* específicos. Trata-se de uma vetorização linear sem preenchimento de formas, pois os grids são compostos apenas por linhas, pontos ou traços. No experimento, os grids são vetores bidimensionais e foram desenhados no *software* Illustrator CS5 do Adobe.

As linhas devem ser finas e claras para facilitar o desenho sobre elas, podem ser tracejadas ou pontilhadas para gerar posteriormente maiores conexões ao desenhar. As linhas quando se cruzam ou se tangenciam possibilitam novas direções e uma fluência no desenho.

- **Construção do módulo.**

O módulo é considerado a menor unidade do desenho, a partir de sua replicação é gerado o biogrid assimétrico ou simétrico. Ele pode adquirir diversos formatos como hexágono, quadrado, retângulo áureo e inúmeras formas irregulares. No *software* Illustrator, por exemplo, pode-se criar o módulo como um símbolo e replicá-lo. Quando esse símbolo for editado as suas alterações são aplicadas a todas às suas ocorrências (ADOBE, s/d). Isso facilita a geração de novos biogrids instantaneamente a partir de poucas alterações.

Salienta-se que a composição do biogrid pode também ser concebida de maneira livre, sem módulo e repetições sistemáticas. A seleção de linhas orgânicas e a sobreposição delas em distintos sentidos são suficientemente capazes de formar diferentes biogrids.

- **Repetições do módulo (Design de superfície) e elementos da natureza.**

Existem diversas maneiras de repetir o módulo, representado pela letra “M” na Figura 3, de modo que ocorram configurações interessantes. As repetições mais comuns são lado a lado, rotação e reflexão (espelhamento) horizontal ou vertical.

Figura 3: Exemplos de Sistemas de Repetição do Módulo



Fonte: Adaptado de Rùthschilling (2008).

O biogrid em uma página pode ser constituído por mais de um tipo de módulo. Elementos de estudo da biônica podem ser incluídos no projeto, são eles: a sequência de Fibonacci, proporção áurea, retângulo áureo e a espiral áurea. Por exemplo, neste estudo foram agrupados diferentes tamanhos de módulos conforme a sequência de Fibonacci. Ressalta-se que independente da técnica escolhida para desenvolver o biogrid, o usuário deve manter a boa continuidade e harmonia das linhas de modo que quem for desenhar sobre ele consiga fluidez e inúmeras possibilidades de desenho.

- **Complexidade.**

Conforme o grau de detalhamento do desenho a ser concebido, o biogrid pode ser simples ou complexo. Para deixá-lo complexo, ou seja, com mais interações entre as linhas, sugere-se a sobreposição de biogrids. Diferentes biogrids podem ser sobrepostos ou o mesmo pode ser rotacionado, com alteração de tamanho ou não, e posteriormente sobreposto. Isto pode ser realizado na etapa de vetorização ou com a impressão dos biogrids em folhas transparentes para

facilitar as sobreposições. Ressalta-se que conforme a configuração obtida poderá ocorrer o efeito Moiré, franjas de Moiré, ou seja, um padrão de interferência, conforme Oster et al. (1964).

Sugerem-se testes de redução e de ampliação dos biogrids a fim de obter a proporção desejada em relação ao suporte utilizado. Pode-se também desenvolver os biogrids paramétricos com *softwares* específicos, como por exemplo, AutoCad, Grasshopper e outros, assim consegue-se manipulá-los a fim de gerar diversas configurações também com agilidade. Com esses *softwares* é possível simular padrões de crescimento de elementos naturais, logo, isso poderia ser classificado como um Design Morfogenético para os grids, uma Neo-biônica, conforme Kulfan e Colozza (2012).

- **Materialização do Biogrid.**

Após a conclusão do biogrid ou dos biogrids, deve-se salvá-lo como arquivo editável nativo, por exemplo, a extensão “.AI” do Illustrator, para futuras correções ou modificações. Os biogrids podem ser utilizados no ambiente virtual não só como vetores de apoio ao desenho digital mas também podem ser impressos ou até gravados a laser para desenhos à mão livre. As impressões podem ser realizadas em diversos suportes, destacam-se os papéis coloridos com tonalidades claras e folhas transparentes.

- **Design de gemas e rochas.**

Geração das formas ou texturas provenientes do uso dos biogrids. Os desenhos são gerados basicamente a partir de três possibilidades: 1) Preenchimento de espaços entre as linhas do grid de modo monocromático ou policromático gerando uma forma ou composição; 2) Reforço de linhas gerando formas e 3) Ligação entre pontos os quais geram também formas. Ressalta-se que no ato de desenhar as formas das gemas podem existir sugestões de volumes ou perspectivas conforme a configuração resultante do biogrid em questão, principalmente quando se tratar de linhas curvas ou angulares, gerando uma falsa malha tridimensional. Em sequência, os desenhos bidimensionais são redesenhados como objetos virtuais tridimensionais e a partir disso, realizam-se retoques. Os retoques podem ser suavizações ou chanfros de arestas dos objetos. Embora este estudo seja voltado para gemas ou rochas, o método pode ser utilizado para outros materiais e finalidades.

Ressalta-se que os inúmeros designs das gemas ou rochas a serem projetados nos biogrids podem ser agrupados em oito categorias: 1) Relevo, 2) Mosaico, 3) Desenho linear, 4) Padronagem ou textura, 5) Vazado, 6) Forma direta, 7) Forma indireta e 8) Estrutura. Em resumo, podem ser reduzidas a 1) Forma e 2) Ornamentação. Estas oito categorias são detalhadas ao final do artigo com auxílio de projetos tridimensionais desenvolvidos com uso de um biogrid. Essas propostas conceituais resultantes foram desenhadas no computador, modelados como sólidos tridimensionais no AutoCAD 2012 e exportados com extensão “FBX” para serem renderizados no 3ds Max 2012 da Autodesk. A renderização foi realizada no *software* com V-Ray, cor cinza, material “VRayMtl” sem efeitos de textura, translucidez e reflexo, para evidenciar as configurações tridimensionais.

Para comprovar o método pode-se realizar a “verificação”, conforme Löbach (2001). Nessa etapa o projetista testa as configurações geradas a respeito da aceitação do público-alvo. De outro modo, antes de realizar os desenhos pode-se pesquisar o desejo do público-alvo a fim de influenciar o desenho nos biogrids, ou seja, desde a etapa inicial já imaginar cores, materiais, tecnologias, processos de fabricação, etc. Pode-se ainda levar em consideração a tendência de moda na escolha do material gemológico ou rocha. Lembra-se que devem ser consideradas as propriedades do material frente às tecnologias de processamento, ou seja, a viabilidade da proposta.

Foram selecionados quatro biogrids gerados neste trabalho os quais são materializados,

neste caso, opta-se pela gravação a laser do equipamento Mira® (Automatisa Laser Draw) – realizada em 2015 no LdSM–UFRGS. A partir de testes preliminares é utilizada a lente de 30 cm x 30 cm, potência de 35 W e velocidades de 100 e 135 m/min, conforme a complexidade dos desenhos, ou seja, número de linhas dos biogrids e suas sobreposições. A gravação é realizada em papéis opacos coloridos: Kraft natural 120 g e Canson verde claro 120 g. As folhas gravadas foram agrupadas formando um “livro-grid”, se assemelhando a um sketchbook de bolso, com 32 páginas, tamanho de 145 mm x 100 mm e encadernação brochura. Nesse livro são geradas algumas propostas para designs de gemas ou rochas conforme as possibilidades indicadas no método gerado Biogrid. As propostas são desenhadas à mão, sobre os biogrids, com lápis Ecolápis Nº 2 da Faber-Castell. Para mostrar as possibilidades de projetos a partir do uso dos biogrids, bem como gerar uma coleção de gemas ou rochas com identidade visual, é escolhido apenas um biogrid. A partir desse biogrid são gerados oito designs de gemas ou rochas os quais indicam as possibilidades de projeto e manufatura conforme diferentes tecnologias e processos de fabricação. Não foi realizada a etapa final de prototipagem física e de verificação dos designs com possível público consumidor.

As oito etapas do método Biogrid podem ser resumidas em apenas três: 1) Desenvolvimento do biogrid, 2) Materialização do biogrid e 3) Design de gemas e rochas. O método desenvolvido abrange desde a bioinspiração até a prototipagem virtual das gemas ou rochas, expondo o processo de criação. No entanto, deve-se lembrar que esse processo não é linear, pois possibilita novas interpretações, intervenções conforme o repertório do projetista, gerando novos resultados. Nesse sentido, Freitas et al. (2013, p.13) observa que “[...] as metodologias são o caminho para uma atividade projetual em design concisa, baseada em conhecimentos teóricos e da prática profissional”.

6. Resultados e Discussão

O método desenvolvido, biogrid, ao ser experimentado possibilitou a geração de designs para gemas e rochas. Para isso foram gerados e analisados diversos grids bioinspirados.

6.1. Desenvolvimento dos Biogrids

Neste experimento foram projetados sessenta biogrids inspirados nas formas da inflorescência da planta *Aloe arborescens* Miller e da folha da *Tradescantia zebrina* Heynh. A Figura 4 apresenta a etapa de desenho dos elementos naturais.

As duas linhas simplificadas resultantes são utilizadas separadas, juntas e com outras formas geométricas na construção de biogrids. Em sequência, quatro biogrids são detalhados, dos sessenta biogrids gerados. As próximas imagens exibem as escolhas dos elementos gráficos utilizados, as construções dos módulos e os detalhes dos biogrids resultantes.

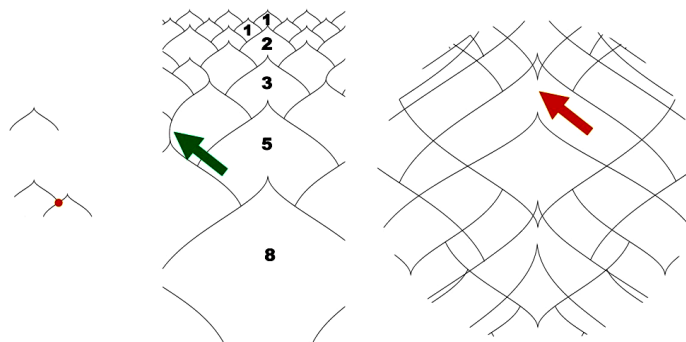
O primeiro biogrid, detalhado na Figura 5, é gerado a partir do desenho da *Aloe arborescens* Miller (Figura 4A). A composição do módulo segue um padrão do vegetal, no entanto, o módulo criado é repetido e encaixado com variação de escala seguindo a sequência de Fibonacci (1,1,2,3,5 e 8), gerando um módulo ainda maior. Algumas emendas são realizadas, como aponta a seta verde. O biogrid resultante é gerado a partir de sobreposições aleatórias com inversões desse módulo maior. A seta laranja aponta uma dentre várias lacunas que não foram emendadas. Nesse caso não existe uma repetição ordenada final.

Figura 4: Imagens Com Linhas Simplificadas da (A) *Aloe arborescens* Miller e (B) da *Tradescantia zebrina* Heynh



Fonte: (A) imagem de Felipe Szczepaniak e (B) imagem de Frances Danckwardt.

Figura 5: Construção do Biogrid 1. O ponto laranja indica um vértice. A seta verde aponta uma emenda. A seta laranja mostra uma lacuna não emendada.

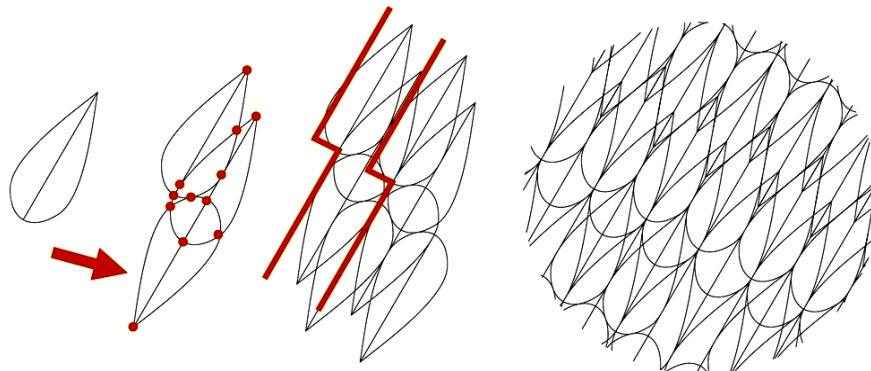


Fonte: Elaborado pelos autores.

O pequeno círculo laranja nessa e nas próximas figuras aponta um vértice formado por linhas concorrentes ou tangentes, denominadas pontos de contato. O número desses pontos e das distâncias entre eles podem ser indicadores de complexidade ou interação do desenho para comparações, conforme observado no estudo de Papakostas e Tollis (1998). Nesses pontos, ao desenhar sobre os biogrids, o projetista pode alterar a rota do desenho, por isso, observa-se que quanto mais pontos, maiores serão as possibilidades de diferentes projetos. Em resumo, o caminho do desenho pode ter um fluxo contínuo com linhas circulares ou um extremo pontiagudo, conforme Wong (1998).

O segundo biogrid, detalhado na Figura 6, é composto pelo desenho da *Tradescantia zebrina* Heynh (Figura 4B). O elemento gráfico é dividido ao meio por uma reta e é inclinado à direita, proporcionando um grid com diagonais. A sobreposição de suas formas incluindo uma forma refletida verticalmente (seta laranja) formam o módulo com doze pontos de contato (círculos laranja). As repetições do módulo se sobrepõem, como mostram as linhas laranja, isto possibilita maior interação entre as linhas do grid, pois aumentam o número de pontos de contato.

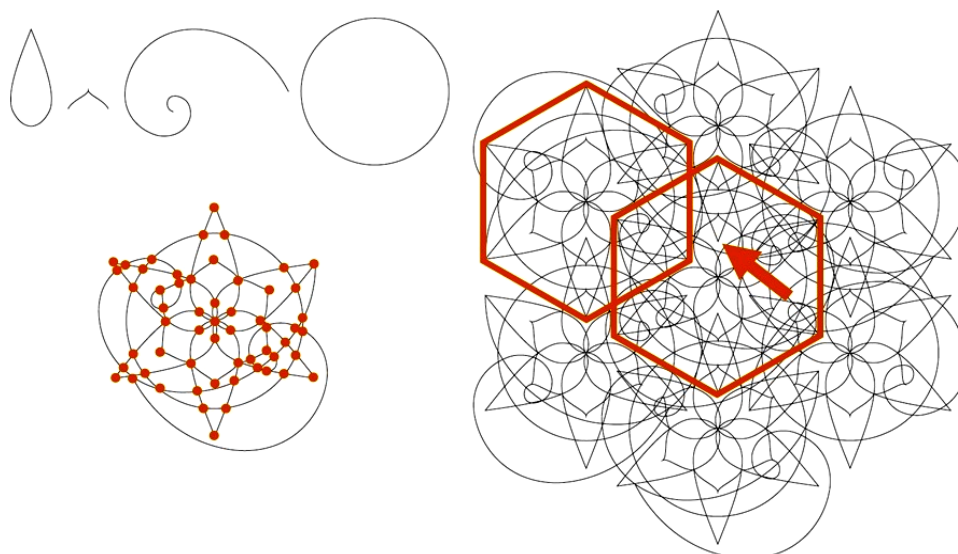
Figura 6: Construção do Biogrid 2. Círculos laranja indicam vértices formados. Seta laranja aponta elemento refletido verticalmente. Linhas laranja mostram a sobreposição e a repetição do módulo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O terceiro biogrid, detalhado na Figura 7, é composto por diversos elementos gráficos: desenhos dos vegetais selecionados, espiral áurea e círculo. Os elementos bioinspirados são organizados em simetrias radiais, alteração de escala e centralizados em um círculo. As simetrias radiais formam um hexágono (hexágonos laranja). O módulo resultante expõe cinquenta e sete pontos de contato, sua repetição com sobreposição e espelhamento segue os seis vértices do hexágono (hexágonos laranja). O resultado é um biogrid complexo, com muitas interações entre as linhas. A seta laranja aponta uma parte do biogrid que não foi emendada com a repetição dos módulos.

Figura 7: Construção do Biogrid 3. Círculos laranja indicam vértices formados. Hexágonos laranja mostram a sobreposição e a repetição do módulo. A seta indica uma lacuna não emendada.

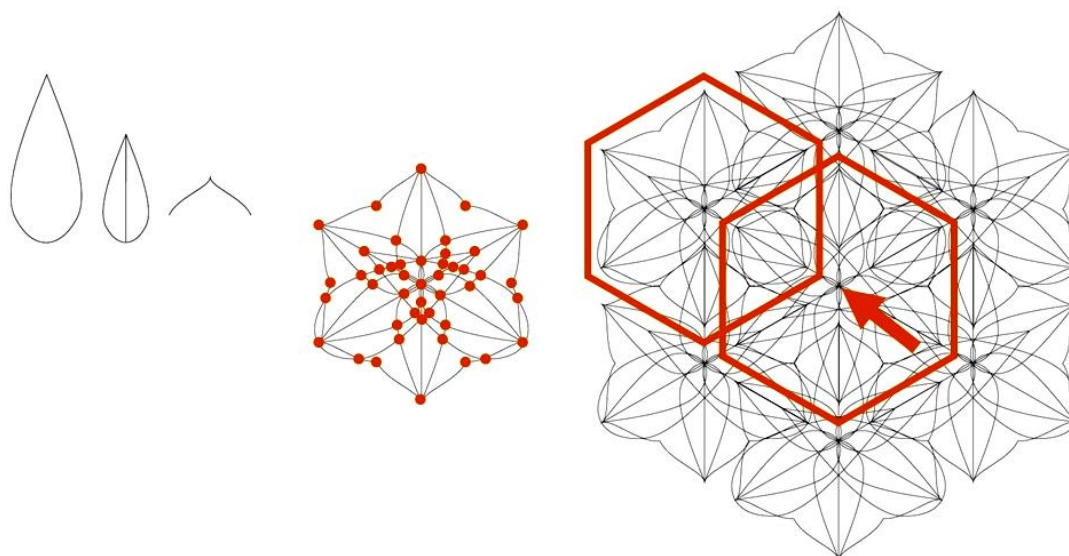


Fonte: Elaborado pelos autores.

O quarto biogrid, detalhado na Figura 8, possui em sua formação o uso dos elementos bioinspirados. Sua composição e repetição do módulo seguem o mesmo princípio do biogrid

detalhado anterior: a simetria radial e a sobreposição (hexágonos laranja). O módulo resultante possui quarenta e cinco pontos de contato (círculos laranja). Nesse biogrid há relações entre linhas curvas e retas as quais formam contrastantes ângulos. A concentração das linhas geraram pontos (seta laranja).

Figura 8: Construção do Biogrid 4. Círculos laranja indicam vértices formados. Hexágonos laranja mostram a sobreposição e a repetição do módulo. A seta indica um ponto formado pela concentração de linhas.



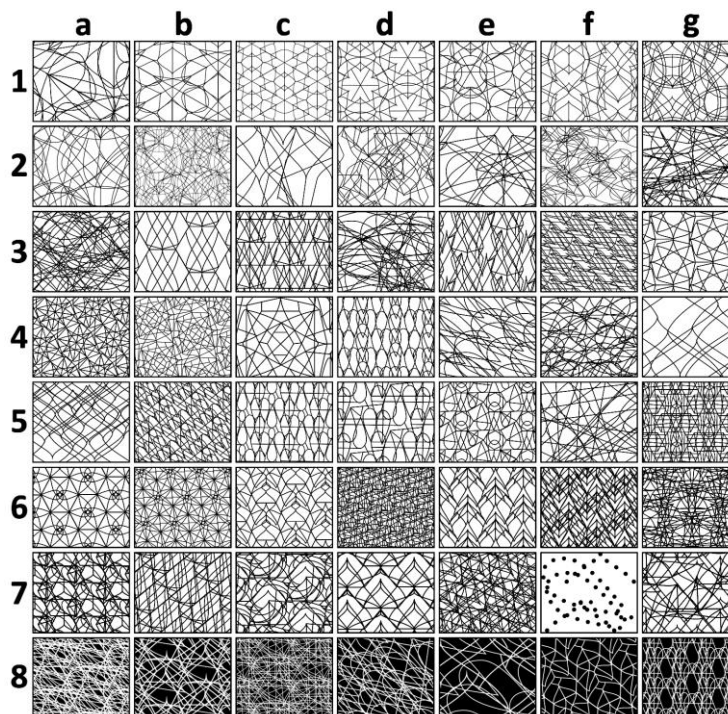
Fonte: Elaborado pelos autores.

Fragmentos de cinquenta e seis biogrids gerados podem ser visualizados na Figura 9. Nela, destacam-se a “linha 8” por se tratarem de grids de linhas claras sobre fundo escuro e a quadrícula “7f” que expõe um grid pontilhado. A partir do desenvolvimento desses biogrids percebe-se que inúmeras variedades podem ser criadas a partir de poucos elementos gráficos. Neste estágio, esses desenhos são adimensionais, pois por serem vetores podem adquirir qualquer tamanho. Nesse sentido, nota-se que a alteração de escala dos desenhos pode resultar em biogrids diferentes, pois a percepção visual é afetada. Por exemplo, o biogrid na quadrícula “6d” é tão complexo que em comparação a outros possui difícil visualização no tamanho adotado. Por isso, destaca-se a importância da adequação da espessura da linha do grid e da sua escala.

Salienta-se que o uso excessivo de formas geométricas tradicionais poderá resultar em biogrids comuns e conseqüentemente em configurações das gemas ou rochas pouco diferenciadas, por isso a necessidade da bioinspiração e da complexidade da rede. Outra preocupação é quanto ao observar o biogrid exista um resgate de uma forma inconsciente já conhecida acarretando em um plágio por engano.

A seguir, os quatro biogrids detalhados anteriormente são gravados a laser em dois tipos de papéis formando um livro-grid. Foram realizados diversos desenhos, porém, neste artigo são expostos os resultados dos designs de gemas ou rochas realizados no quarto biogrid, o último detalhado (biogrid 4).

Figura 9: Detalhes dos Cinquenta e Seis Biogrids Gerados. Destaca-se a “linha 8” por se tratar de grids de linhas claras sobre fundo escuro e a quadrícula “7f” que expõe um grid pontilhado.



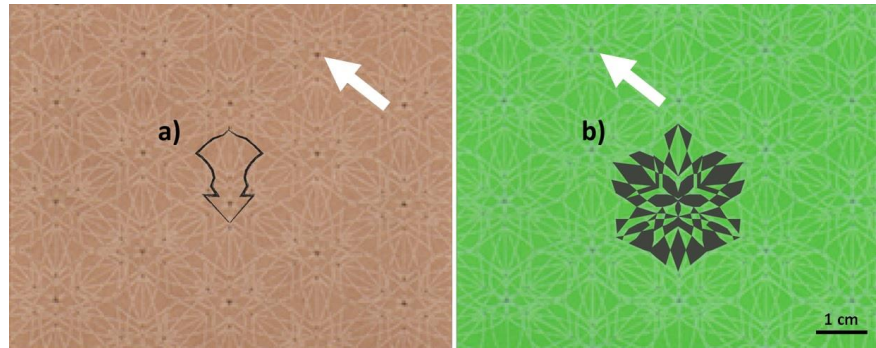
Fonte: Elaborado pelos autores.

6.2. Materialização dos Biogrids

Embora os biogrids possam ser utilizados diretamente no meio virtual para gerar os protótipos das gemas ou rochas, aconselha-se a sua materialização para realizar desenhos a mão livre, pois conforme Bilda e Demirkan (2003), os projetistas são mais criativos e familiarizados com esse meio manual. Segundo Macedo (2003, p. 20), “Criar é impor uma ordem a algo que se encontrava em um estado de caos, de desordem”. Neste sentido, as linhas do biogrid são o caos ou a complexidade; é preciso selecionar linhas e formas nele com o intuito de gerar uma unidade, o design da gema ou rocha. De acordo com Kvern (1997, p.176, tradução nossa), “o grid é o design”. Esse autor relata que o grid é uma ferramenta que reduz o tempo de produção, com relação ao grid de posicionamento de elementos na página. Em comparação, com relação à proposta do presente artigo, o design de gemas e rochas, o biogrid é um impulso criativo para gerar novas formas também rapidamente.

Retomando ao experimento, as gravações a laser, expostas na Figura 10, resultaram em biogrids com textura tátil e com linhas claras com bom contraste de cor para o desenho a grafite ou outro material contrastante. As linhas concorrentes geraram pontos escuros devido ao número de vezes que o laser passou naqueles locais (setas brancas). Nessa Figura 10 percebem-se: a) desenho de uma forma e b) desenho a partir de preenchimentos, sendo as principais maneiras de se utilizar o biogrid para gerar designs de gemas ou rochas. As figuras surgem por *insight* (fenômeno da Gestalt), ou seja, “Acontece, às vezes, de estarmos olhando para uma figura que não tem sentido para nós e, de repente, sem que tenhamos feito nenhum esforço especial para isso, a relação figura-fundo elucida-se” (BOCK et al., 2001, p.64). Ressalta-se que a formação da imagem no biogrid se dá diferentemente das propostas de ilusões dos livros “Olho Mágico” (inovação dos estereogramas), pois nesses livros já existem imagens pré-definidas e ocultas da N. E. Thing Enterprises (1994).

Figura 10: Biogrid Gravado a Laser em Papéis (a) Kraft e (b) Canson Verde. (a) Desenho linear sobre o biogrid e (b) desenho com preenchimentos. As setas brancas indicam pontos escuros.



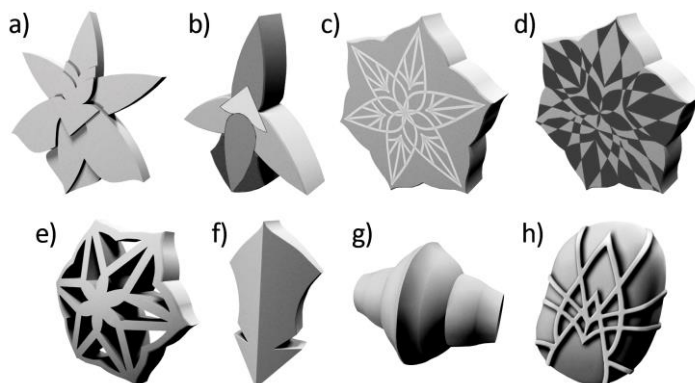
Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, são expostos os designs das gemas ou rochas provenientes dos desenhos no biogrid selecionado.

6.3. Design de Gemas e Rochas

A utilização do biogrid possibilitou a geração de diversos designs para gemas ou rochas. No entanto, podem-se gerar designs para esculturas, painéis (design de superfície), etc. A Figura 11 exibe oito possibilidades (categorias) de designs de gemas os quais podem ainda receber alterações e gerar novas formas, formando coleções da mesma categoria, por exemplo.

Figura 11: Protótipos Virtuais dos Designs de Gemas ou Rochas Gerados em um Biogrid. (a) relevo, (b) mosaico, (c) desenho linear, (d) padronagem ou textura, (e) vazado, (f) forma direta, (g) forma indireta e (h) estrutura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir, as categorias geradas no biogrid selecionado são detalhadas conforme a Figura 11. a) Relevo: forma inteira com diferentes alturas passíveis de serem concebidas por usinagem; b) Mosaico: união ou encaixe de diferentes materiais ou cores formando um único objeto; c) Desenho linear: desenho linear ornamental passível de ser concebido por gravação a laser (CIDADE; DUARTE, 2014; BARBIAN, 2015; SOARES et al., 2016; CIDADE et al., 2018) ou outra tecnologia (ETCHEPARE, 2014). Podem ser desenvolvidas mandalas devido a simetria radial proposta pela repetição dos elementos do biogrid; d) Padronagem ou textura: espaços

vazios do biogrid pintados aleatoriamente podem formar desenhos, um design de superfície (SZCZEPANIAK et al., 2014; BISINELLA, 2014;). Ressalta-se que os designs podem ser desenhos internos em gemas *doublets* ou na sua parte lateral ou inferior. Se interno ou na parte inferior o material deve ser transparente ou translúcido; e) Vazado: forma com partes vazadas passíveis de serem concebidas por usinagem ou corte por jato d'água (SILVEIRA, 2010; SILVA, 2013); f) Forma direta: contorno que gera uma forma única, o exemplo expõe uma lapidação diferenciada; g) Forma indireta: nesse caso foi utilizado somente um segmento linear do biogrid. A forma foi gerada utilizando esse segmento como uma geratriz que gira 360 graus em um eixo formando um objeto tridimensional, resultado semelhante a um balaústre; e h) Estrutura: formas lineares “redes” utilizadas como “exoesqueleto” para, por exemplo, proteção de material frágil ou conjunto deles. A estrutura pode ser metálica ou de outro material, bem como uma renda de cordão para segurar uma gema ou rocha e, além disso, podem ser utilizados desenhos lineares em relevo gerados por caneta de impressão tridimensional. A estrutura também pode ser compreendida como linhas-guia que perfuram sequências de contas gemológicas (como miçangas) formando redes.

As formas naturais bioinspiradas são transformadas em grids abstratos que por vezes se transformam em designs abstratos ou remetendo a formas naturais. Por exemplo, o design “a” da Figura 11 se assemelha a forma de uma flor de orquídea (fenômeno pareidolia). Por fim, ressalta-se que a partir da configuração do material gemológico, pode-se atribuir a ele uma marca, história simbólica, outros beneficiamentos (por exemplo, colocar fragrância), etc – utilizar a ideia de gemas símbolo (transformação de plantas símbolo em gemas símbolo) de Szczepaniak e Blank (2018). Na comercialização não deixar de mencionar o nome do material, a origem e os beneficiamentos.

7. Considerações Finais

As plantas produzem formas e cores espetaculares para chamar a atenção de insetos e animais para a sua reprodução. Neste trabalho, usa-se o artifício das belas formas do mundo vegetal para atrair o desenhista e convidá-lo a percorrer sua imaginação nas linhas do grid, estimulando seu desenho. Neste artigo foi gerado e estudado o método denominado Biogrid ou Gemogrid que consiste em gerar designs de gemas e rochas a partir do uso de grids bioinspirados. Para isso foram utilizados conhecimentos teóricos sobre design de gemas, design de superfície, biônica, grid e métodos do design.

O desenvolvimento de biogrids se mostrou uma opção criativa para designers de gemas e rochas. Os biogrids gerados são designs de superfície funcionais, pois auxiliam o designer de gemas ou rochas a gerar configurações para os seus projetos, gerando identidades individuais ou para coleções. Com apenas dois elementos naturais pôde-se desenvolver diversos biogrids. As técnicas do design de superfície foram fundamentais para o desenvolvimento dos grids, principalmente quanto a fluidez das linhas geradas. Neste artigo foram testados alguns parâmetros do método detalhado, no entanto, há ainda diversas possibilidades para se explorar e gerar novos designs. O conhecimento prático gerado na etapa experimental foi de suma importância à descrição do método, principalmente para expor detalhes ao projetista, possibilidades que passam despercebidas na projeção. Ressalta-se que foi possível categorizar algumas possibilidades de designs de gemas ou rochas provenientes do uso dos biogrids.

A materialização dos grids é uma etapa importante porque possibilita o designer a desenhar com as mãos, por outro lado existe a possibilidade de gerar as formas no biogrid virtual vetorizado com o uso de *tablets* ou similares, a escolha dependerá da afinidade do

projetista. Recomenda-se que na materialização do grid a linha impressa seja mais clara que o material de desenho utilizado, pois facilitará o projetista a perceber a forma desenhada. Além disso, deve-se atentar a escala do biogrid com relação à sua complexidade. Neste sentido, a gravação a laser trouxe diferenciais estéticos para os biogrids como a cor clara das linhas e relevos.

O método indicado pode ser utilizado sem a necessidade de alta tecnologia, porém é através do avanço da tecnologia que trará facilidade para o projetista. A partir disso, espera-se motivar os projetistas de gemas e rochas a gerar novos designs para valorizar esta área comercial.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro pelas bolsas concedidas aos autores. À equipe do Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS pelo apoio logístico.

Referências

- ADOBE Systems Software Ireland Ltd. **Símbolos**. Disponível em: <<https://helpx.adobe.com/br/illustrator/using/symbols.html>> Acesso em: 3 out. 2016.
- ANDRADE, Gabriela Rabelo. **Biomimética no design: abordagens, limitações e contribuições para o desenvolvimento de produtos e tecnologias**. 2014. 108f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- ARRUDA, Amilton José Vieira. **Bionic Basic: verso um nuovo modello di ricerca progettuale**. 2002. 94f. Tese (Doutorado) – Politecnico di Milano, Milão, 2002.
- BARBIAN, Tamara. **Design e tecnologia: gravação a laser de desenhos no arenito**. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- BHUSHAN, Bharat. Biomimetics: lessons from nature-an overview. **Philosophical Transactions of The Royal Society A**. 367, p.1445-1486, 2009.
- BILDA, Zafer; DEMIRKAN, Halime. An insight on designers' sketching activities in traditional versus digital media. **Design Studies**, v. 24, n.01, p. 27-50, 2003.
- BISINELLA, Rafael Cardoso. **Copiadora de camafeus em ágata de baixo custo**. 2014. 117f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- BOCK, Ana Mercês Bahia; FURTADO, Odair; TEIXEIRA, Maria de Lourdes Trassi. **Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia**. São Paulo: Saraiva. 2001. 365p.
- BOULTON, Mark. **A practical guide to designing for the web**. United Kingdom: Five Simple Steps, 2009. 137p.
- CIDADE, Mariana Kuhl; DUARTE, Lauren da Cunha. **Gravação a Laser no Design de Joias: caracterização e padronização do processo aplicado em ágata**. Saarbrücken/Deutschland: Novas Edições Acadêmicas, 2014. 141p.
- CIDADE, Mariana Kuhl; PALOMBINI, Felipe Luis; DUARTE, Lauren da Cunha; PACIORNIK, Sidnei. Investigation of the thermal microstructural effects of CO2 laser engraving on agate via X-ray microtomography. **Optics and laser technology**, v. 104, p. 56-64, 2018.

- COPRUCHINSKI, Lélia. **A arte de desenhar joias**. Curitiba: Edição do autor, 2011. 248p.
- DAPPER, Silvia Trein Heimfarth. **Desenvolvimento de textura bioinspirada no líquen Parmotrema praesorediosum visando a adesão da argamassa de revestimento em painéis de concreto**. 2013. 99f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- DOMINGUES, Liane Viegas. **Um luxo de perfume, um luxo de design**. 2012. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.
- DONATI, G.; STRONA, P. P. Nature and music: a general method for designing a composition from an image. **International Journal of Design & Nature and Ecodynamics**. v. 06, n. 01, p. 20-33, 2011. Quadrimestral.
- ECO, Umberto. **A história da beleza**. Rio de Janeiro: Record, 2004. 440p.
- ETCHEPARE, Hélio Dorneles. **Contribuição ao estudo e seleção de materiais, caracterização e processamento por fresamento em altas velocidades (HSM) no beneficiamento do riódacito (basalto carijó)**. 2014. 137f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- FORNIÉS, López; MURO, L. Berges. A top-down biomimetic design process for product concept generation. **International Journal of Design & Nature and Ecodynamics**. v. 07, n. 01, p. 27-48, 2012. Quadrimestral.
- FREITAS, Ranielder Fábio de.; COUTINHO, Solange Galvão; WAECHTER, Hans da Nóbrega. Análise de metodologias em design: A informação tratada por diferentes olhares. **Estudos em Design**. vol. 21, n.01, p.01-15, 2013. Semestral.
- HENDERSON, Mark R.; ANDERSON, David C. **Computer recognition and extraction of form features: a CAD/CAM link**. *Computers in Industry*, v. 05, n.04, p.329-339, 1984.
- JONES, Owen. **A gramática do ornamento**. São Paulo: Editora Senac, 2010. 503p.
- KINDLEIN JUNIOR, Wilson; ZATTI, Daniela Cristina; BIACCHI, Tanise Pfeifer. **A natureza como fonte de inspiração para a criação e desenvolvimento de texturas aplicadas ao design industrial**. In: 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Paulo, 2004.
- KINDLEIN JUNIOR, Wilson; GUANABARA, Andréa Seadi. Methodology for product design based on the study of bionics. **Materials and Design**, n. 26, p. 149-155, 2005.
- KUHLMANN, Dörte. Biomorphism in Architecture: Speculations on Growth and Form. In: GRUBER, P. et al. (ed.). **Biomimetics: materials, structures and processes - examples, ideas and case studies**. Berlim: Springer-Verlag, 2011. 266p.
- KULFAN, Brenda. M.; COLOZZA, Anthony. J. Biomimetics and Flying Technology. In: BAR-COHEN, Yoseph (ed). **Biomimetics: Nature Based Innovation**. Boca Raton: CRC Press, 2012. 788p.
- KVERN, O. M. Using layout grids. **Macworld**, Dec. v.14, n. 12, 1997.
- LIU, J; LI, J; FENG, L; LI, L; TIAN, J; LEE, K. Seeing Jesus in toast: neural and behavioral correlates of face pareidolia. **Cortex**, v.53, p. 60-77, 2014.
- LÖBACH, Bernd. **Design industrial: bases para configuração dos produtos industriais**. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2001. 208p.
- LODATO, Franco. **Biónica: la naturaleza como herramienta de innovación**. Experimenta: ediciones de diseño, n. 31, 2000.

LUPTON, Ellen (ed.). **Intuição, ação, criação graphic design thinking**. São Paulo: Editora G. Gili, 2016. 184p.

MACEDO, Frederico Alberto Barbosa. **Coração nativo**: uma experiência musical com o mundo sonoro indígena. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

MANFERDINI, Elena. Miesian grids and the domain of ink. **Architectural Design**, v. 85, n. 06, p.32-39, 2015. Bimestral.

MARANHÃO-FILHO, Péricles; VINCENT, Maurice B. Neuropareidolia: diagnostic clues apropos of visual illusions. **Arq Neuropsiquiatr**, v.67, n.04, p.1117-1123,2009. Mensal.

MIRKHALAF, M.; DASTJERDI, A. K.; BARTHELAT, F. Overcoming the brittleness of glass through bio-inspiration and micro-architecture. **Nature Communications**, v. 05, n. 3166, p.1-9, 2014.

IBGM, Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos. **Manual de lapidação diferenciada de gemas**. MOL, Adriano (org). Brasília: Athalaia Ed., 2009.

MÜLLER-BROCKMANN, Josef. **Grid systems in graphic design**. Berlin: Niggli, 1961. 176p.

N. E. Thing Enterprises. **Olho mágico**: uma nova maneira de ver o mundo. São Paulo: Martins Fontes, 1994. 30p.

NICKEL, Kristina. **Ready to print**: Handbook for media designers. Berlin: Gestalten, 2011. 320p.

NICOLAI, Carsten. **Grid index**. Berlin: Gestalten, 2009. 312p.

NOACK, S. **A brief look at grid based layouts in web design**. SixRevisions, mar. 2010.

OLIVEIRA, Monique Aline Arabites de. **Design de superfície e biônica**: proposta de procedimento metodológico para criação de estampas têxteis com referência em elementos naturais. 2012. 158f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OSTER, Gerald; WASSERMAN, Mark; ZWERLING, Craig. **Theoretical interpretation of Moiré patterns**. Journal of the Optical Society of America, v. 54, n. 2, p. 169-175, 1964.

OCDE; EUROSTAT. **Manual de Oslo**: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre Inovação. 3ª ed. Rio de Janeiro: FINEP, 2007. 184p.

PAPAKOSTAS, A; TOLLES, L. G. Interactive orthogonal graph drawing. **IEEE Transactions on computers**, v. 47, n. 11, p.1297-1309, 1998. Mensal.

PIPES, Alan. **Desenho para designers**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 224p.

POYNTER. **The grid**: The structure of design. Rotovision. 2003.

PRIBERAM, dicionário on-line de língua portuguesa. **Pareidolia**. Disponível em: <<http://www.priberam.pt/DLPO/default.aspx?pal=pareidolia>> Acesso em: 9 jul. 2017.

REAL, Sandra Engel Vila. Seres imaginários: a pareidolia aplicada à pintura. **Revista Ciclos**, v.1, n.2, 2014.

REISEN, Kirsten; TESCHEMACHER, Ulrich; NIEHUES, Michael; REINHART, Gunther. Biomimetics in production organization - a literature study and framework. **Journal of Bionic Engineering**. v. 13, n. 2, p.200-212, 2016. Quadrimestral.

ROCHA, Vanessa Cristina; RUBIO, Juan Carlos Campos; ROMEIRO FILHO, Eduardo. Design e produção por computadores para integração na indústria joalheira do Brasil. **Estudos em Design**, v. 21, n.1, p.1-22, 2013.

- ROELOFS, Rinus. Two- and three-dimensional constructions based on leonardo grids. **Nexus Network Journal**, v. 10, n. 1, p.17-26, 2008.
- ROSSI, Michela. Natural architecture and constructed forms: Structure and surfaces from idea to drawing. **Nexus Network Journal**, v. 8, n. 1, p.112-122, 2006.
- RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Design de superfície**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2008.
- SAMARA, Timothy. **Grid: Construção e desconstrução**. São Paulo: Cosac & Naify, 2007. 243p.
- SASTRY, Kumara; GOLDBERG, D. E.; KENDALL, G. Genetic Algorithms. In: BURKE, Edmund K.; KENDALL, Graham (ed.). **Search Methodologies: Introductory tutorials in optimization and decision support techniques**. New York: Springer, 2014. 716p.
- SCHUMANN, Walter. **Gemas do mundo**. 9ª ed. São Paulo: Disal, 2006. 279p.
- SHU, L. A natural-language approach to biomimetic design. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing** 24, 2010.
- SILVA, Karen Rodrigues da. **Ergonomia em joalheria: anéis em ágata por corte por jato d'água**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- SILVEIRA, Flávia Lopes da. **Materiais Naturais e tecnologia de ponta com aplicação em superfícies tácteis**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SOARES, Susana de Jesus; DUARTE, Lauren da Cunha; ROLDO, Liane; SILVA, Fabio Pinto da. Design de superfície em madrepérola: efeito degradê por gravação a laser. **Educação Gráfica**, v. 20, p. 40-51, 2016. Quadrimestral.
- SONGEL, G. Diseño y Biónica. **Manuales de Diseño N° 6. Universidad Politécnica de Valencia, España**, 2001.
- SZCZEPANIAK, Felipe Foerstnow. **Irradiação gama (60Co) homogênea e seletiva em quartzo rosa visando o design de materiais gemológicos**. 2016. 182f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- SZCZEPANIAK, Felipe Foerstnow; BLANK, Daiane Einhardt. Métodos para transformar plantas símbolo em gemas (pedras). **Educação Gráfica**, Bauru, v. 22, n. 02, p. 294-306, ago. 2018. Quadrimestral.
- SZCZEPANIAK, Felipe Foerstnow; DUARTE, Lauren da Cunha; JUCHEM, Pedro Luiz. Design de superfície de gemas: simulação do quartzo rutilado através da metalização de ouro em estêncil. In: HARTMANN, Léo Afraneo. **Tecnologia e inovação em gemas, joias e mineração**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014. 152p.
- TOPAZ, M. Bioinspiration education at zoological institutions: an optimistic approach for innovation leading to biodiversity conservation. **International Zoo Yearbook**, v. 50, n. 1, p.112-124, 2016.
- VINCENT, Julian Francis. Biomimetics - a review. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers**, Part H. Journal of Engineering in Medicine 223, p.919-939, 2009.
- WEN, Hui-I; ZHANG, Shu-jun; HAPESHI, Kevin; WANG, Xiao-feng. An innovative methodology of product design from nature. **Journal of Bionic Engineering** v. 5, n.1, p.75-84, 2008. Quadrimestral.
- WILLIAMSON, Jack H. The grid: history, use, and meaning. **Design Issues**, v. 3, n. 2, p.171-186, 1986. Quadrimestral.
- WILSON, Jamal Omari. **A systematic approach to bio-inspired conceptual design**. 2008. 369f. Dissertação. (Pós-Doutorado). Georgia Institute of Technology Atlanta, Estados Unidos da América, 2008.

WONG, Wucius. **Princípios de forma e desenho**. São Paulo: Martins e Fontes, 1998. 352p.

XUE, Xiao-di; ZHENG, Hong-fei; TAO, Tao; XIE, Guo. Primary Research on Bionic Design of Multi-surface Solar Concentrator Based on the Flower Structure. **Advances in Natural Science**. v. 3, n. 2, p. 338-347. dez. 2010. Quadrimestral.