

GENEMUS: ferramenta computacional para composição com *Grundgestalt* e variação progressiva

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

Carlos de Lemos Almada

Universidade Federal do Rio de Janeiro – calmada@globocom

Resumo: Este artigo apresenta a estrutura do programa GENEMUS, elaborado para utilização como ferramenta computacional do Sistema-Gr de composição a partir dos princípios de variação progressiva e *Grundgestalt*. Insere-se em uma pesquisa abrangente dedicada à sistematização de procedimentos analíticos e composicionais teoricamente baseados em ambos os princípios. Em essência, a aplicação do GENEMUS produz gerações de variantes (cada qual associada a um índice quantitativo que representa a relação de similaridade) a partir de uma ideia musical primordial (*Grundgestalt*).

Palavras-chave: Sistema-Gr. Computação musical. Variação progressiva. *Grundgestalt*.

GENEMUS: computational tool for composition with *Grundgestalt* and developing variation

Abstract: This paper presents the structure of GENEMUS, a program created as a computational tool for the Gr-System of composition, based on the principles of developing variation and *Grundgestalt*. It is inserted in a broad research project devoted to systematic analytical and compositional approaches theoretically grounded on both principles. In essence, the application of GENEMUS yields generations of variants (each of them associated to a quantitative index that represents the similarity relationship) obtained from a primary musical idea (*Grundgestalt*).

Keywords: Gr-System. Musical computation. Developing variation. *Grundgestalt*.

1. Introdução

O objeto deste estudo integra um projeto de pesquisa de considerável abrangência, que, em suma, é dedicado a abordagens sistemáticas dos princípios da variação progressiva e da *Grundgestalt*. Sucintamente, ambos os conceitos, elaborados por Arnold Schoenberg, são associados ao crescimento orgânico de uma composição: uma *Grundgestalt* corresponde a uma breve configuração musical primordial (como um motivo, aproximadamente) que, ao menos no caso idealizado, conteria implicitamente todo o material constituinte da obra a ser composta. A produção de tal material resultaria da aplicação de processos de variação progressiva, inicialmente a partir dos elementos presentes na *Grundgestalt* e, em seguida, recursivamente, sobre suas sucessivas variantes.¹

A pesquisa teve como primeira etapa a elaboração de um modelo analítico, cujos diversos resultados obtidos até o momento possibilitaram a criação e o aperfeiçoamento de inúmeros recursos gráficos, bem como de simbologia e terminologia específicas para o tratamento de algumas abordagens distintas.² A partir destes elementos, foi iniciado um novo

estágio, destinado a aplicações composicionais, resultando em produção textual e musical, com a criação do Sistema-Gr, com bases no mesmo referencial teórico.

2. O Sistema-Gr de composição

Essencialmente, o Sistema-Gr consiste na concatenação de material musical exclusivamente derivado de uma ideia primordial (a *Grundgestalt* ou o *axioma* do sistema, de acordo com a terminologia adotada pela vertente composicional do projeto), a partir de um planejamento gráfico que determina seu comportamento derivativo. Em outros termos, o compositor estabelece previamente para as várias seções e subseções formais da peça planejada os níveis de (maior ou menor) similaridade em relação ao axioma para o conteúdo a ser produzido, criando assim condições de seleção que o orientarão na escolha futura dos elementos.³

O material musical no Sistema-Gr consiste em um vasto conjunto de formas concretas produzidas por intermédio de variação progressiva (denominadas *Teoremas*). Tal processo é efetivado através da aplicação de um conjunto de *regras de produção* (i.e., operações de transformação, como inversão, aumento etc.) sobre os componentes do axioma considerado, o que é reproduzido recursivamente por várias gerações. Para cada resultante obtida deve ser determinado um *coeficiente de similaridade* (ou seja, o grau de parentesco que a variante mantém com a forma referencial), representado por um valor centesimal entre 0,00 e 1,00. Compreensivelmente, uma tarefa de tal magnitude, extremamente trabalhosa e que envolve um crescimento exponencial de formas derivadas, pode ser apenas realizada com auxílio computacional, fato que motivou a criação do GENEMUS.

3. A estrutura do programa GENEMUS

Escrito na linguagem MATLAB e estruturado em diversos módulos, o GENEMUS foi desenvolvido com o intuito de produzir um grande número de variantes a partir de uma determinada sequência musical monofônica (o axioma/*Grundgestalt*). Tanto o *input* quanto o *output* apresentam-se como arquivos em formato MIDI. Além da produção puramente musical dos Teoremas (configurados como sequências melódicas ou como acordes), o programa fornece seus coeficientes de similaridade, informação imprescindível para o processo composicional dentro do Sistema. Levando-se em conta os limites de espaço

deste artigo, segue-se uma descrição bastante sucinta da estrutura e do funcionamento do GENEMUS, abrangendo apenas seus aspectos essenciais, em um modelo simplificado, com um axioma não segmentado.

O programa divide-se basicamente em três seções:

(1ª) Produção de variantes com mesma cardinalidade (c) em relação à forma axiomática original: Inicia-se com a abstração das características intervalar e rítmica do axioma, resultando em dois sub-axiomas.⁴ Cada qual serve de fonte referencial para a produção de variantes abstratas⁵ em seus respectivos domínios, a partir da aplicação recursiva dos conjuntos de regras de produção (intervalares e rítmicas) durante um número de gerações preestabelecido (cinco, no caso atual). As regras de produção, por sua vez, atuam como sub-rotinas específicas, realizando operações algébricas e/ou aritméticas sobre os elementos das formas consideradas. Um módulo especial é destinado ao cálculo do coeficiente de similaridade de cada variante produzida (ALMADA, 2013a). Outras sub-rotinas são empregadas como “filtragem” de redundâncias e de variantes mal-formadas (por exemplo, constituídas apenas por pausas ou com cardinalidade diferente à referencial) e de outras incongruências. Além disso, devido ao crescimento exponencial do número resultante de variantes a cada geração, é necessário aplicar critérios de *seleção artificial* (no sentido biológico-evolutivo) para a redução de superpopulação.⁶ Um deles é o estabelecimento de faixas estreitas (e decrescentes) de coeficientes de similaridade para cada geração considerada, o que propicia, além da intencionada redução das alternativas, um progressivo afastamento dos graus de parentesco entre as variantes e os sub-axiomas referenciais. Retornam do processamento desta seção duas matrizes de variantes com cardinalidade c (ver Fig.1): $v(r)/c$ (variantes rítmicas) e $v(i)/c$ (intervalares), que tornam-se o *input* para a próxima etapa.

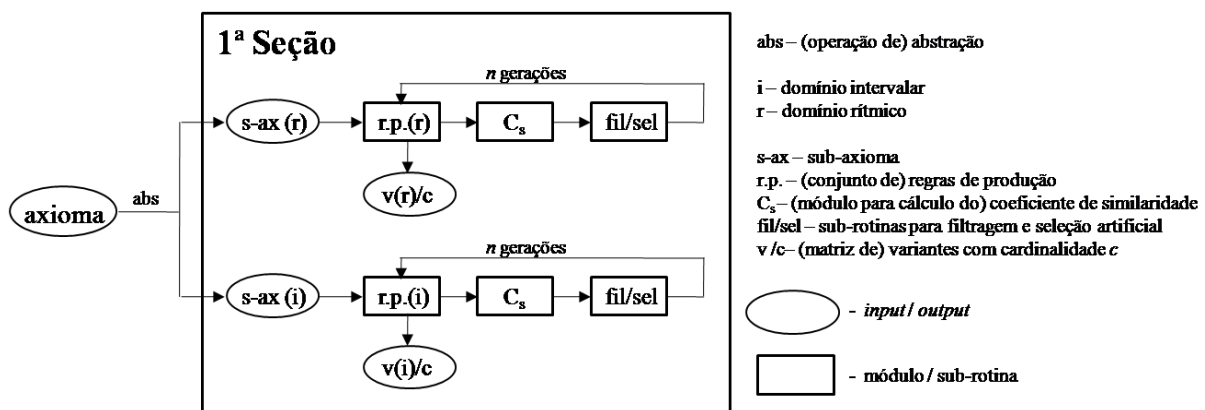


Figura 1: Fluxograma básico da 1ª seção do programa GENEMUS

(2ª) Produção de variantes com cardinalidades distintas em relação à forma axiomática original: As variantes das matrizes intervalar e rítmica servem de base para novas transformações (que afetam exclusivamente o parâmetro cardinalidade), inicialmente a partir de operações de *extração/acréscimo*. Nesta categoria, é possível suprimir um dos elementos de uma variante ou adicionar um novo, de acordo com condições contextuais pré-determinadas.⁷ Tendo sido obtidas, assim, variantes com cardinalidades $c+1$ e $c-1$, seguem-se novas combinações (nelas incluídas as variantes com cardinalidade c , previamente produzidas), por intermédio da operação de *aglutinação* (ou seja, a justaposição de variantes). O processo é retomado recursivamente, gerando matrizes de variantes com cardinalidades distintas em cada domínio (seu número pode ser livremente estabelecido na programação. No caso atual, são adotados os limites: $2 \leq c \leq 7$). Ainda nesta seção, as variantes produzidas dentro do domínio intervalar (em todas as cardinalidades obtidas) servem de base para a criação de matrizes sequenciais ($v(s)$), através da operação de *tradução* (i.e., de uma configuração intervalar para um segmento ordenado de alturas). Estas, por sua vez, dão origem às matrizes cordais ($v(a)$), por meio da operação de *verticalização*. A Fig.2 resume o fluxograma correspondente à 2ª seção do GENEMUS.

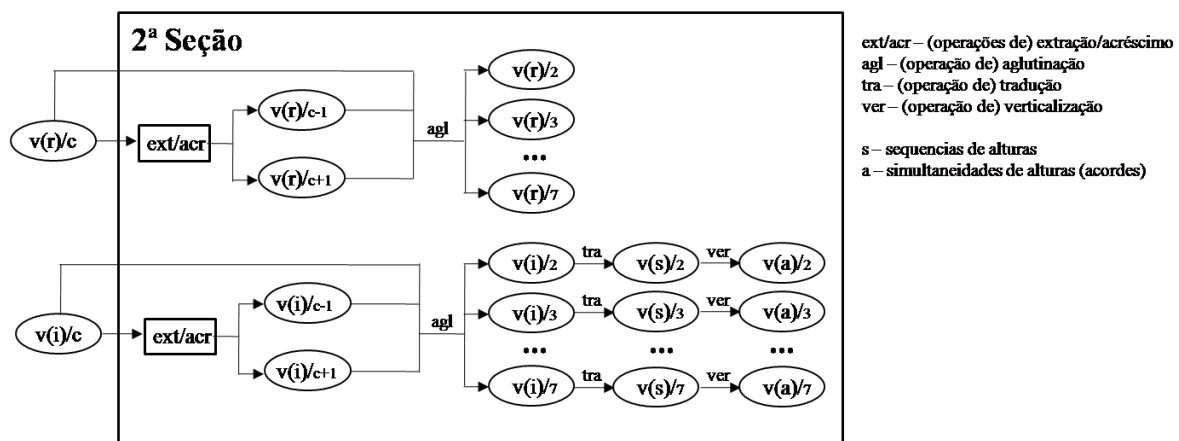


Figura 2: Fluxograma básico da 2ª seção do programa GENEMUS

(3ª) Produção dos Teoremas: Nesta etapa acontece a recombinação das formas abstratas produzidas na 2ª seção, tendo como *input* 18 matrizes: 6 rítmicas, 6 sequenciais e 6 cordais, cada grupo abrangendo cardinalidades de 2 a 7. Um Teorema é, como já apresentado, uma forma concreta, apta a ser aproveitada como elemento musical pelo Sistema-Gr e é sempre formado pela junção de duas variantes abstratas de mesma cardinalidade, sendo uma delas obrigatoriamente de natureza rítmica. Dependendo do tipo da segunda variante da junção,

obtem-se Teoremas sequenciais ou cordais (com cardinalidades compatíveis às formas que lhe deram origem).⁸ Um módulo específico do programa efetua a produção dos Teoremas, através de análise combinatória. Uma sub-rotina “traduz” os dados numéricos presentes nas matrizes dos Teoremas (durações, alturas, cardinalidade, extensão total e coeficientes de similaridade) em informações necessárias para sua formalização como matrizes midi (ponto de ataque, duração, altura, canal e velocidade). O módulo final do programa transforma tais matrizes numéricas em arquivos midi (num total de 12, cada qual contendo inúmeras unidades – sequenciais ou cordais), salvando-os em uma pasta especial, o que permite ao usuário acessar seus conteúdos sonoros e suas notações musicais. O resumo da estrutura da 3ª seção é apresentado na Fig.3.

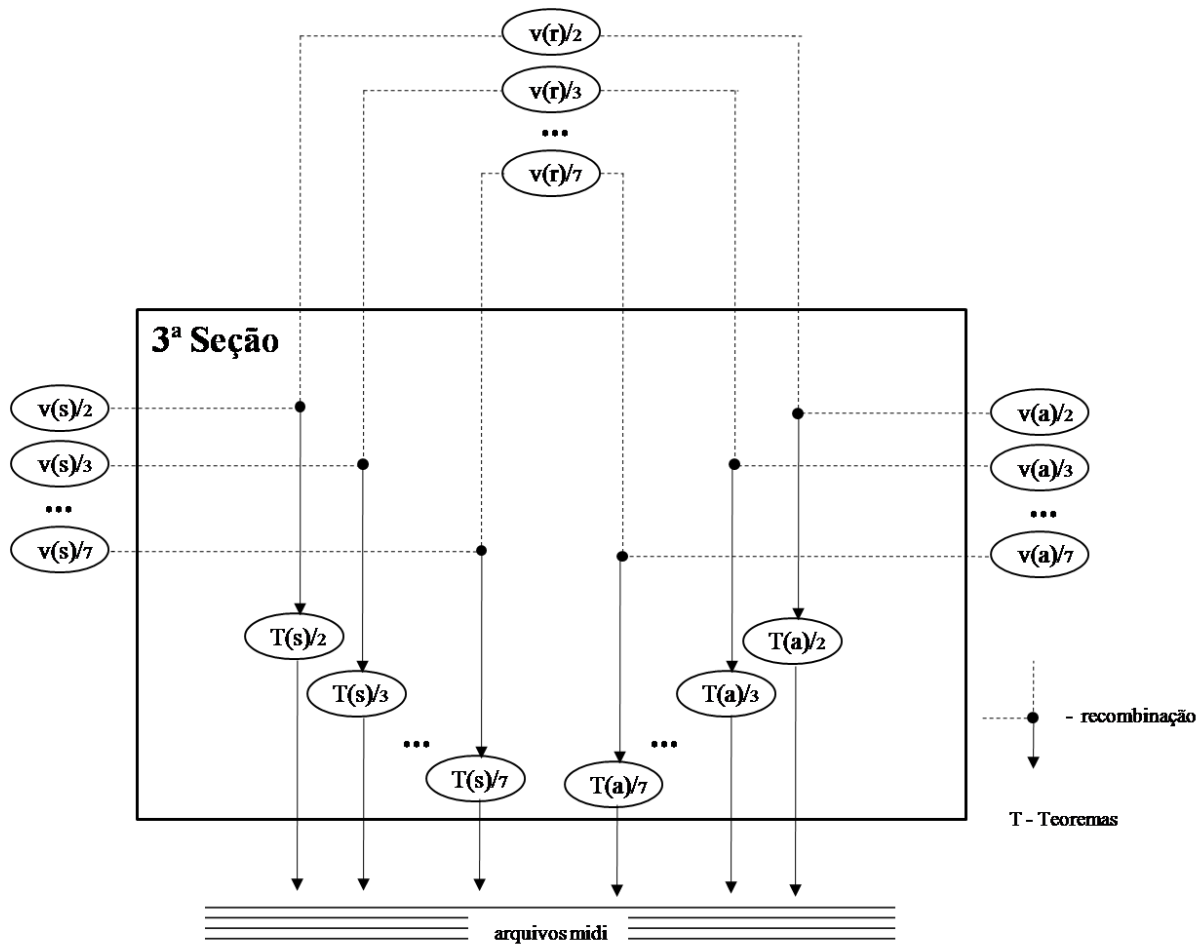


Figura 3: Fluxograma básico da 3ª seção do programa GENEMUS

Num modelo de maior complexidade, o axioma é formado por dois ou mais segmentos estruturais (axioma-A, axioma-B etc.). Cada um deles subdivide-se em duplas de sub-axiomas, que geram suas próprias matrizes de variantes (como “genomas” independentes)

a partir dos processos descritos nas duas primeiras seções. Na 3ª seção deste caso, além das recombinações “puras” (ou seja, considerando os sub-axiomas do mesmo segmento), novas alternativas passam a existir, a partir de *hibridismo*, isto é, da recombinação de matrizes de variantes de origens distintas, o que aumenta enormemente o número de Teoremas disponíveis para o Sistema-Gr (a descrição deste modelo será realizada em artigo futuro).

Finalizando, a Fig.4 apresenta uma visão global do programa GENEMUS, com a interligação de suas três seções, sendo explicitadas apenas suas funções essenciais e os diversos *inputs* e *outputs*.

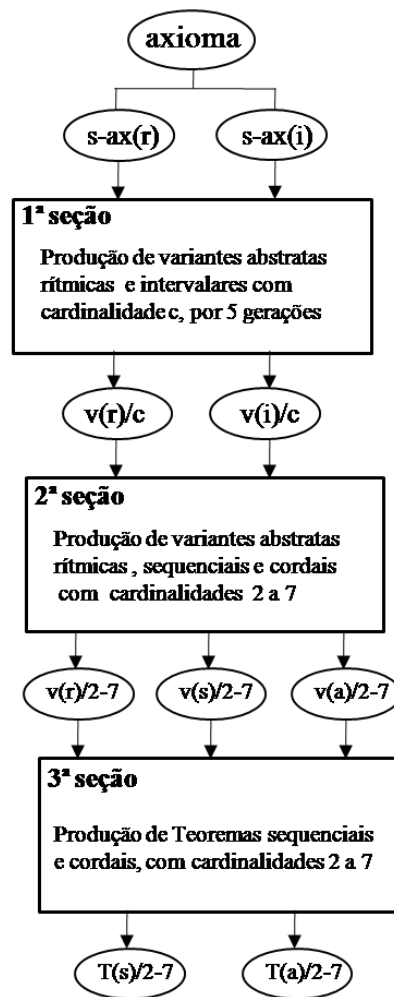


Figura 4: Fluxograma básico do programa GENEMUS

4. Conclusões

Após um longo período de elaboração e desenvolvimento, o programa GENEMUS encontra-se atualmente em fase de testes. Neste estágio, diversas modificações em nível superficial ou estrutural vêm sendo realizadas com o intuito de otimizar os procedimentos e tornar o programa mais robusto e estável. Entre tais modificações estão

ajustes de constantes obtidas de maneira empírica, aperfeiçoamentos de algoritmos (na busca de torná-los mais eficientes, abrangentes e elegantes) e mesmo alterações mais profundas na rede hierarquizada de *functions* subordinadas ao *script* principal. Uma revisão aprofundada e minuciosa de toda a sequência de procedimentos foi recentemente iniciada, etapa necessária para a adequada implementação de uma versão básica do programa. Subsequentemente, está prevista a criação de uma interface do usuário (*user interface*) para o GENEMUS, o que permitirá sua transformação em um aplicativo, a ser disponibilizado como ferramenta composicional de atuação no Sistema-Gr.

Referências:

ALMADA, Carlos de L. Comparação de contornos intervalares como parâmetro de medição de similaridade. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE TEORIA E ANÁLISE MUSICAL, 3., 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ECA-USP, 2013a.

_____. O Sistema-Gr de composição musical baseada nos princípios de variação progressiva e *Grundgestalt*. *Música e Linguagem*, Vitória, vol. 2, nº 1, p.1-16, 2013b.

_____. Simbologia e hereditariedade na formação de uma *Grundgestalt*: a primeira das *Quatro Canções* Op.2 de Berg. *Per Musi – Revista Acadêmica de Música*, Belo Horizonte, n.27, 2013c, p.75-88 (no prelo).

_____. Aplicações composicionais de um modelo analítico para variação progressiva e *Grundgestalt*. *Opus*, Porto Alegre, vol.18, nº 1, p.127-152, jun., 2012a.

_____. Um modelo analítico para variação progressiva e *Grundgestalt*. In: XXII ENCONTRO ANUAL DA ANPPOM, 2012. João Pessoa. *Anais ...* João Pessoa: UFRN, 2012b.

_____. A estrutura derivativa e suas contribuições para a análise e para a composição musical. In: ENCONTRO DE MUSICOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO, IV, 2012c, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: EDUSP, p.205-214, 2012c.

_____. Derivação temática a partir da *Grundgestalt* da *Sonata para Piano* op.1, de Alban Berg. In: II ENCONTRO INTERNACIONAL DE TEORIA E ANÁLISE MUSICAL. *Anais ...* São Paulo: UNESP-USP-UNICAMP, 2011a. 1 CD-ROM (11 p.).

_____. A variação progressiva aplicada na geração de ideias temáticas. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MUSICOLOGIA. *Anais ...* Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. p.79-90, 2011b.

AUERBACH, Brent. *The analytical Grundgestalt: A new model und methodology based on the music of Johannes Brahms*. Walden, 2005. 140 ff. Tese (Doutorado em Música). University of Rochester.

BURTS, Devon. *An application of the grundgestalt concept to the First and Second Sonatas for Clarinet and Piano, Op. 120, no. 1 & no. 2, by Johannes Brahms*. Tampa, 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Música). University of South Florida.

CARPENTER, Patricia. Grundgestalt as tonal function. *Music Theory Spectrum*, vol. 5, p. 15-38, 1983.

DUDEQUE, Norton. Variação progressiva como um processo gradual no primeiro movimento do Quarteto *A Dissonância*, K. 465, de Mozart. *PerMusí*, vol.8, UFMG, p. 41-56, 2003.

_____. *Music theory and analysis in the writings of Arnold Schoenberg (1874-1951)*. Aldershot: Ashgate Publishings, 2005.

EMBRY, Jessica. *The role of organicism in the original and revised versions of Brahms's Piano Trio In B Major, Op. 8, Mvt. I: A comparison by means of Grundgestalt analysis*. Amherst, 2007. Dissertação (Mestrado em Música). University of Massachusetts

HAIMO, Ethan. Developing variation and Schoenberg's serial music. *Musical Analysis*, vol. 16, nº 3, p. 349-365, 1997.

Notas

¹ Para uma conceituação mais detalhada de ambos os princípios, ver CARPENTER (1983), EMBRY (2003) e DUDEQUE (2005). Para outras abordagens teóricas e analíticas sobre a matéria, ver HAIMO (1997), DUDEQUE (2003), BURTS (2004) e AUERBACH (2005).

² Para uma descrição do modelo analítico, ver ALMADA (2012b). Para comentários e exemplos de estudos realizados por intermédio da aplicação do modelo, ver (ALMADA, 2011a; 2011b; 2012a; 2012c; 2013c).

³ Os fundamentos do Sistema-Gr são apresentados em detalhe em ALMADA (2013b).

⁴ Neste ponto, as informações musicais multidimensionais (presentes no arquivo midi de *input*) são transcritas isomorficamente para sequências numéricas, que passam a ter significados distintos de acordo com o domínio considerado (intervalar ou rítmico). O principal propósito de tal procedimento é permitir que tais elementos sejam manipulados a partir de operações matemáticas. No final do programa, o processo de transcrição é revertido, retornando como seu *output* principal arquivos em formato midi.

⁵ Registre-se que, de acordo com a terminologia adotada pelo Sistema, as variantes abstratas *não* são ainda consideradas como Teoremas, estas formas concretas e com aplicação musical. Os Teoremas são obtidos apenas na 3ª seção do programa.

⁶ A quantidade total de variantes resultantes da aplicação de R regras de produção por n gerações, se efetuada *sem quaisquer dispositivos de controle populacional*, é igual a R^n . Considerando-se neste caso, por exemplo, apenas o domínio rítmico (que abrange 20 regras de produção), o número de variantes produzidas livremente a cada geração seria o seguinte: 1ª) 20 ; 2ª) $20^2 = 400$; 3ª) $20^3 = 8000$; 4ª) $20^4 = 160.000$ e 5ª) $20^5 = 3.200.000$.

⁷ As condições contextuais são protocolos arbitrados previamente pelo programador, contendo instruções condicionais de procedimento no exame sequencial dos elementos de uma forma variante. Além das operações de extração/acréscimo, algumas das regras de produção apresentam estrutura contextual, o que representa um importante componente de “incerteza” no processo produtivo, atuando de uma maneira análoga às mutações genéticas, já que afetam apenas elementos isolados dentro de uma sequência. A seguinte instrução, “traduzida” da linguagem de programação, serve como exemplo de condição contextual em uma das regras de produção do domínio intervalar: “em caso de o elemento anterior ser um intervalo descendente e o elemento posterior um intervalo ascendente, subtraia duas semicolcheias do elemento atual”.

⁸ Observe-se que as matrizes intervalares são excluídas da 3ª seção, já que constituem apenas um estágio intermediário para a produção das variantes sequenciais (e, indiretamente, também das cordais). A tradução de configurações intervalares em melódicas deve-se à necessidade de haver compatibilidade entre cardinalidades das formas recombinantes, já que uma sequência intervalar com n elementos corresponde, na verdade, a uma sucessão de $n+1$ alturas. No GENEMUS as matrizes numéricas dos Teoremas podem apenas ser construídas se

seus elementos formadores (ou seja, as variantes) possuem o mesmo número de colunas, o que é diretamente relacionado às suas cardinalidades.