

## **A densidade-compressão de eventos texturais em espaços intervalares variáveis de 1 a 87 semitons**

MODALIDADE: COMUNICAÇÃO

SUBÁREA: Teoria e Análise Musical

*Tálio Vítor de Lima Lourenço*  
*Universidade do Estado do Rio Grande do Norte*  
[\*taliolourenco50@gmail.com\*](mailto:taliolourenco50@gmail.com)

*Wesley Silva Dantas*  
*Universidade do Estado do Rio Grande do Norte*  
[\*wesleydantascomp@gmail.com\*](mailto:wesleydantascomp@gmail.com)

*Francisco Ernani de Lima Barbosa*  
*Secretaria de Educação do Estado do Ceará*  
[\*francisco.barbosa5@prof.ce.gov.br\*](mailto:francisco.barbosa5@prof.ce.gov.br)

**Resumo:** O presente estudo debruçou-se sobre o conceito de densidade-compressão, proposto por Wallace Berry (1987), com o objetivo de compreender seu comportamento em diferentes situações e apontar algumas propriedades relativas a ele. Esse trabalho se mostra como uma pesquisa teórica, descritiva e experimental, apresentando e discutindo os dados coletados, a fim de fornecer informações que possibilitem um aprofundamento acerca da compreensão do conceito em questão e que abram caminho para novas interpretações e aplicações teóricas.

**Palavras-chave:** Textura, Densidade-compressão, Análise textural, Teoria textural.

**The density-compression of textural events in variable interval spaces from 1 to 87 semitones**

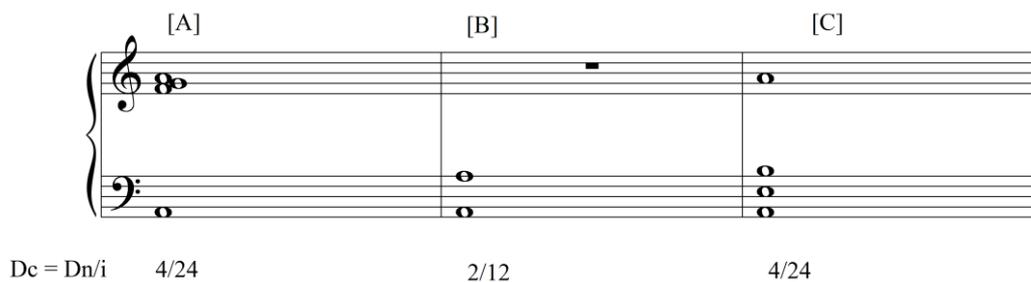
**Abstract:** The present study focused on the concept of density-compression, proposed by Wallace Berry (1987), with the aim of understanding its behavior in different situations and pointing out some properties related to it. This work presents itself as theoretical, descriptive and experimental research, presenting and discussing the collected data, to provide information that allows for a deeper understanding of the concept in question and that opens the way for new interpretations and theoretical applications.

**Keywords:** Texture, Density-compression, Textural analysis, Textural theory.

## Introdução

Em um primeiro contato com o conceito de densidade-compressão proposto pela teoria textural de Wallace Berry, é possível perceber que alguns eventos texturais<sup>1</sup> possuem o mesmo valor de densidade-compressão mesmo sendo construídos com um número diferente de notas, em diferentes espaços intervalares (âmbitos intervalares)<sup>2</sup> e com diferentes configurações internas (distribuições das notas no espaço intervalar). A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra essas situações por meio de três eventos texturais distintos.

Figura 1 – Três situações texturais.



Dc = Dn/i    4/24                      2/12                      4/24

Fonte: os autores.

Veja-se que mesmo com estruturas e sonoridades distintas, os eventos texturais [A], [B] e [C] expressam o mesmo valor de densidade-compressão. Situações como essas instigam algumas curiosidades sobre esse conceito e o comportamento de seus valores em diferentes situações analíticas, bem como acerca das possibilidades composicionais que podem ser criadas a partir do conhecimento detalhado das potencialidades e limitações desse indicador em diversas circunstâncias em que seus valores podem ser significativos para a composição.

Para conhecer o comportamento dos valores de densidade-compressão e suas potencialidades composicionais, iniciou-se uma investigação com o intuito de descobrir: 1) se há um número limitado de valores de densidade-compressão no sistema de afinação com temperamento igual (cromático);<sup>3</sup> 2) se há um número limitado de eventos texturais nesse sistema; 3) como encontrar rapidamente eventos texturais de mesma densidade-compressão; e 4) como se comportam os valores de densidade-compressão em diferentes eventos texturais.

<sup>1</sup> Estrutura vertical composta por todas as notas executadas simultaneamente em um instante mínimo. A duração de um evento textural é definida pela nota mais curta da estrutura.

<sup>2</sup> Espaço intervalar, segundo Berry (1987), diz respeito a amplitude em semitons do intervalo entre as notas extremas do evento textural, isto é, entre as notas mais grave e aguda.

<sup>3</sup> Formado por uma progressão geométrica cuja razão é  $^{12}\sqrt{2}$ .

Para encontrar as respostas para essas dúvidas que tornam possível compreender como se comportam os valores de densidade-compressão em cada espaço intervalar, mostrou-se necessário definir condições restritivas que permitissem a coleta de dados. As decisões metodológicas que exigiram o estabelecimento dessas restrições foram detalhadas na seção dedicada à metodologia, e os critérios da posterior análise dos dados fundamentaram-se teoricamente sobre a obra de Wallace Berry (1987), as contribuições de Jara e Irlandini (2023) e outros autores. Em se tratando mais especificamente da análise dos dados obtidos, a discussão priorizou a compreensão e a descrição dos resultados matematicamente, com vistas a fornecer uma compreensão racional e quantitativa da densidade-compressão, como será visto mais adiante no decorrer deste trabalho.

A referência aos eventos texturais é certamente a mais complexa e suscetível a interpretações ambíguas, pois um evento textural pode ter suas notas organizadas internamente de muitas formas, e nas situações a seguir é imprescindível a distinção entre a disposição interna das notas de um evento e a ideia geral de um evento textural formado por  $z$  notas em um espaço intervalar  $x$ , sem uma disposição interna específica. Portanto, doravante, os termos: 1) “evento textural singular” será usado para se referir a um evento textural com notas e estrutura interna particulares; 2) “estruturas de eventos texturais” referir-se-á às estruturas internas que um evento textural pode ter, sem definir as notas que as compõem; e 3) “razão primária de evento textural”, que é a representação abstrata de um evento textural que não define sua estrutura interna, nem as notas que a compõem. A razão primária de um evento textural é representado pela fração  $\frac{z}{x}$ .

No que tange a representação dos valores de densidade-compressão, esses serão representados ora como números decimais, quando seu valor for o foco da discussão, ora como fração, quando o foco forem os eventos texturais que possuem aquele valor de densidade-compressão.

## **Metodologia**

O presente trabalho consiste em uma pesquisa teórica básica que objetiva conhecer como se comportam os valores de densidade-compressão em eventos texturais de densidade-número entre 2 e 88 em espaços intervalares variáveis de 1 a 87 semitons de amplitude.

Para atingir esse objetivo, mostrou-se necessário conhecer os eventos texturais e calcular os seus valores de densidade-compressão, o que responderia as duas primeiras perguntas anunciadas anteriormente. Isso foi realizado experimentalmente por meio da

construção de uma tabela<sup>4</sup> dividida em três colunas que contém, respectivamente, todos os valores de espaço intervalar possíveis, todos os valores de densidade-número possíveis em cada um dos espaços intervalares, e o valor de densidade-compressão dos eventos texturais formados pelos valores das células horizontalmente adjacentes nas duas primeiras colunas. Dessa forma, a tabela contém exaustivamente todos os eventos texturais possíveis nas condições determinadas.

A construção dessa tabela exigiu a determinação de limites que fossem capazes de satisfazer as dúvidas que motivaram o presente estudo. A fim de atender a essa exigência, delimitaram-se os intervalos em que variariam os valores de densidades-número e as quantidades de semitons dos espaços intervalares em que se construiriam os eventos texturais.

Em concordância com a teoria de Berry, o menor espaço intervalar em que pode ocorrer um evento é 1 semitom. Consequentemente, a menor densidade-número possível é 2, pois para construir um intervalo dessa amplitude são necessárias 2 notas.

Fixado o limite mínimo, faz-se necessário estabelecer o limite máximo, que é condicionado não pelas restrições teóricas de Berry, mas sim pelas limitações físicas do Sistema Temperado. Nesse sistema, é impossível construir eventos texturais em que a quantidade de notas ( $n$ ) seja maior que o número de semitons ( $i$ ) do espaço intervalar acrescido de um ( $n = i + 1$ ). Além disso, com base na faixa de frequência do diagrama de Fletcher-Munson e na extensão do piano, limitou-se os espaços intervalares desse estudo à amplitude máxima de 87 semitons.

Em síntese, esta pesquisa considerou que os eventos texturais mais simples são aqueles formados apenas pelas 2 notas determinantes do espaço intervalar do evento e que o evento textural mais complexo é aquele resultante da sobreposição de todas as 88 notas disponíveis em um espaço intervalar de 87 semitons.

## Fundamentação teórica

Em 1987, Wallace Berry publicou a segunda edição do livro *Structural Functions in Music*, pela Dover. Essa obra, dividida em uma introdução e três capítulos – *Tonalidade*, *Textura*, e *Ritmo e Métrica* –, propõe-se a “explorar sistematicamente os elementos da estrutura e suas inter-relações importantes, delineando uma variedade de abordagens para a análise de

---

<sup>4</sup> Em virtude do espaço disponível neste trabalho, a *tabela com eventos texturais* é disponibilizada no link: <https://11nk.dev/eXHTU>

sucessões dirigidas de eventos envolvendo tonalidade, melodia, harmonia, textura e ritmo” (Berry, 1987, p.1).<sup>5</sup>

Entre esses três capítulos, o que trata sobre textura se consolidou ao longo dos anos como a base teórica para o desenvolvimento dos estudos acerca desse parâmetro musical. A partir da fundamentação e dos modelos teóricos inaugurados por Berry, pesquisadores brasileiros puderam contribuir para a ampliação desse campo de estudo, introduzindo novas interpretações e expansões sobre as proposições desse autor para fins analíticos e composicionais. Entre elas, podem-se mencionar a *Análise Particional* (Gentil-Nunes, 2009), o *Planejamento Textural* (Alves, 2005), o *Textural Design* (Moreira, 2019), e outros trabalhos como os de Dantas e Alves (2015), Grisi e Alves (2012).

Segundo Berry (1987), a textura é “condicionada, em parte, pelo número dos componentes sonoros em simultaneidade ou em concorrência, e tendo sua qualidade determinada pelas interações, inter-relações, e pelas projeções relativas e conteúdo das linhas componentes ou de outros fatores sonoros”.<sup>6</sup>

Em linhas gerais, a teoria textural de Berry se atem aos aspectos qualitativos e quantitativos da textura, observando, quando considera os primeiros, as relações de independência e interdependência e suas implicações sobre a progressão e a recessão textural; e quando considera os aspectos quantitativos, restringe-se a mensurar a quantidade de notas de um evento textural, por ele nomeado de densidade-número, e a razão entre a quantidade de notas (densidades-número) e o espaço intervalar de um evento textural, a que ele chama de densidade-compressão – objeto de estudo do presente trabalho.

Os outros autores mencionados nesta seção já abordaram e desenvolveram sofisticadamente a compreensão dos aspectos qualitativos, sendo um dos mais notáveis Gentil-Nunes (2009) através de sua *Análise Particional*, que consiste em uma relação entre a *Teoria Textural* de Berry com a *Teoria das Partições* (Andrews, 1984). Entretanto, percebe-se que os aspectos quantitativos ainda esperam por um estudo que os compreenda satisfatoriamente. Isso não significa que não tenham existido tentativas. O direcionamento a um estudo aprofundado sobre a densidade-número e a densidade-compressão encontra dificuldades nas contradições da própria formulação desses conceitos, as quais serão discutidas na próxima seção.

---

<sup>5</sup> No original: “systematic exploration of the elements of structure and their important interrelations, laying out a variety of approaches to the analysis of directed successions of events involving tonality, melody, harmony, texture, and rhythm”.

<sup>6</sup> No original: “it is conditioned in part by the number of those components sounding in simultaneity or concurrence, its qualities determined by the interactions, interrelations, and relative projections and substances of component lines or other component sounding factors”.

## Lacunas nos conceitos de densidade-número e densidade-compressão

A ideia de densidade pressupõe uma razão que expressa a concentração de alguma grandeza em um determinado espaço. Como exemplo, pode-se citar a densidade populacional de uma determinada região, cujo valor é obtido pela razão entre a quantidade de pessoas e a área por elas ocupada. Esse valor é acompanhado por uma unidade de medida que expressa a relação proposta na razão, como no exemplo apresentado, em que a unidade de medida é habitantes por metro quadrado.

Em concordância com essa discussão, aponta-se que a densidade-número não é necessariamente uma densidade, pois seu valor não é obtido por uma razão, e sim pela contagem das notas presentes em um dado evento textural. Diferentemente, a densidade-compressão é verdadeiramente uma densidade, tendo-se em vista que seu valor é obtido pela razão entre a quantidade de notas e o espaço intervalar em que o evento textural acontece. Mesmo assim, a densidade-compressão é ainda um conceito problemático – do ponto de vista da definição de densidade –, uma vez que não possui uma unidade de medida explícita.

Como qualquer outra densidade, a densidade-compressão é uma grandeza dimensional, isto é, é uma grandeza associada a uma unidade de medida que representa a propriedade do fenômeno descrito. Logo, tendo-se em vista que as unidades de medida de densidade indicam razões entre grandezas, sugere-se que a unidade de medida de densidade-compressão seja notas por semitom ( $n/st$ ).<sup>7</sup>

Além desses apontamentos sobre densidade-compressão, pode-se apresentar mais dois aspectos em que essa definição se mostra problemática. O primeiro diz respeito à suposta relação diretamente proporcional entre densidade-compressão e dissonância, sugerida por Berry (1987), que não se manifesta na prática, como se percebe ao comparar-se uma díade composta por duas notas separadas por uma segunda menor e um cluster composto por todas as notas compreendidas em um intervalo de terça maior. A díade supracitada seria a sonoridade mais dissonante possível, segundo a definição de Berry, pois ela possui o maior valor de densidade-compressão, que é  $2 n/st$ , enquanto o cluster, possuindo uma densidade de  $1,25 n/st$ , seria menos dissonante, o que não é confirmado pela percepção.

O segundo problema está no fato de o indicador de densidade-compressão de Berry desconsiderar a disposição interna dos eventos texturais, que influencia diretamente a sonoridade final, pois eventos com nódulos dissonantes em seu interior soam mais

---

<sup>7</sup> Mesmo propondo essa unidade de medida, no corpo deste trabalho, ela não será empregada nas representações dos valores, assim como não aconteceu na obra de Berry (1987), a fim de evitar confusões interpretativas.

agressivamente dissonantes que aqueles cujas notas estão homogeneamente dispostas no espaço intervalar.

Essa problemática levou Jara e Irlandini (2023) a desenvolver o indicador de densidade-compressão total (Equação 1), que leva em consideração a disposição interna dos eventos texturais e que segundo eles é “determinada pela somatória das densidades-compressão individuais”.

**Equação 1 – Indicador de densidade-compressão total**

$$\begin{aligned} \text{Densidade – compressão}_{Total} &= \sum \text{Densidade – compressão}_{individuais} \\ &= \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2}{Intervalo_i} = \frac{2}{I_1} + \frac{2}{I_2} + \dots + \frac{2}{I_{n-1}} \end{aligned}$$

Fonte: Jara e Irlandini (2023)

Em que:

$n$  = número de notas

$i$  = intervalo entre notas $_i$  e nota $_{i+1}$

Jara e Irlandini (2023) tem consciência de que seu indicador de densidade-compressão total não possibilita uma comparação entre eventos com quantidades de notas muito díspares. Para resolver essa questão, eles propõem um outro indicador que divide a densidade-compressão total pela quantidade  $n$  de notas, ou seja, uma densidade-compressão média por nota (Equação 2).

**Equação 2 – Indicador de densidade-compressão média por nota**

$$\text{Densidade – compressão} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{I_i}$$

Fonte: Jara e Irlandini (2023)

Embora esses sejam indicadores sofisticados e funcionais para análises pontuais de eventos de mesma amplitude intervalar, a proposta de Jara e Irlandini (2023) não se mostra tão pragmática quando se pretende conhecer todos os valores de densidade-compressão de todos

os eventos texturais possíveis em um dado sistema musical, como é o caso deste trabalho, pois cada configuração interna dos eventos caracteriza um evento textural singular, o que implica um volume absurdamente amplo de possibilidades; conseqüentemente, realizar todos esses cálculos seria uma tarefa árdua e contraproducente.

## **Apresentação e análise dos resultados**

Graças a realização deste estudo, pode-se afirmar que na faixa de intervalo pesquisada (de 1 a 87 semitons), existem 3.827 razões primárias de eventos texturais, 154.742.504.910.672.534.362.390.527 estruturas de eventos texturais, e 2.371 valores distintos de densidade-compressão. Como a maioria das estruturas de eventos texturais pode ser transpostas, o número de eventos texturais singulares não foi calculado.

O cálculo da quantidade de razões primárias de eventos texturais consistiu na aplicação direta da fórmula da soma dos termos de uma progressão aritmética e não foi inserido detalhadamente nesta seção em virtude da sua simplicidade.

Apresentam-se a seguir: 1) o procedimento de cálculo da quantidade de possibilidades de disposições internas das notas que compõem os eventos texturais em cada valor de densidade-número de um dado espaço intervalar; e 2) o comportamento dos valores de densidade-compressão dos eventos texturais mais rarefeitos e dos mais densos de cada espaço intervalar.

## **Quantidades de eventos texturais e estruturas de eventos texturais**

Todo evento textural é determinado por uma densidade-número  $z$  em um espaço intervalar  $x$ , e é nos valores de  $z$  e  $x$  que se encontra a *gênesis* de todos os eventos texturais de razão primária  $\frac{z}{x}$ .

Ao construir um evento textural de densidade-número  $z$  em um espaço intervalar  $x$ , deve-se ter consciência de que existem  $x + 1$  notas disponíveis e de que esse evento será composto por apenas uma quantidade  $z$  dessas notas. Construindo-o, estabelece-se primeiramente o espaço intervalar  $x$  fixando as 2 notas extremas do evento. Em seguida, preenchem-se as  $z - 2$  notas internas do evento com as  $x - 1$  notas restantes disponíveis no espaço intervalar.

As configurações internas dos eventos texturais de mesma densidade-número em um dado espaço intervalar são combinações simples de  $n$  elementos tomados  $p$  a  $p$ . Sendo  $n$  a quantidade  $y$  de notas disponíveis para compor as estruturas internas e  $p$  a quantidade de

posições em que os componentes da estrutura podem-se organizar. Nos eventos texturais  $\frac{z}{x}$ , uma vez que duas das notas disponíveis ficam fixas nos extremos a fim de se estabelecer o espaço intervalar  $x$ , restam  $y - 2$  notas para compor as estruturas internas dos eventos. Dessa forma,  $n = y - 2$ . Semelhantemente, devido às duas notas fixas, a quantidade de posições  $p$  em que as notas podem se organizar na estrutura é igual a  $z - 2$ . Logo,  $p = z - 2$ . Com base nessas considerações, apresenta-se logo abaixo a adaptação da fórmula das combinações simples à presente situação de estudo.

$x =$  amplitude do espaço intervalar em semitons,  $\{x \in N | 1 \leq x \leq 87\}$ .

$y = x + 1$ , sendo  $y$  a quantidade de notas disponíveis em cada espaço textural,  $\{y \in N | 2 \leq x \leq 88\}$ .

$z =$  densidade-número,  $\{z \in N | 2 \leq z \leq 88\}$ .

$n = y - 2 = x - 1$ ,  $n \in N | 0 \leq n \leq 86\}$ .

$p = z - 2$ ,  $\{p \in N | 0 \leq p \leq 86\}$ .

Substituindo-se  $n$  e  $p$  na fórmula de cálculo de combinações, respectivamente, por  $y - 2$  e  $z - 2$ , obtém-se a Equação 3.

**Equação 3 – Procedimento para encontrar a fórmula que calcula diretamente a quantidade de estruturas internas de eventos texturais de mesma razão primária**

$$C_n^p = \frac{n!}{p! (n - p)!}$$

$$C_{y-2}^{z-2} = \frac{(y - 2)!}{(z - 2)! [(y - 2) - (z - 2)]!}$$

$$C_{y-2}^{z-2} = \frac{(y - 2)!}{(z - 2)! (y - z)!}$$

Fonte: os autores.

Com essa fórmula, torna-se possível calcular diretamente, sem precisar realizar operações e modificar valores manualmente, a quantidade de configurações internas dos eventos texturais de cada densidade-número de um dado espaço intervalar.

Caso se pretenda conhecer a quantidade total de estruturas internas de eventos texturais de um dado espaço intervalar, isto é, obter o valor correspondente à soma de todas as quantidades de organizações internas dos eventos texturais de todas as densidades-número possíveis em um certo espaço intervalar, deve-se ter ciência de que a quantidade de estruturas internas de eventos em cada densidade-número do espaço intervalar em estudo segue uma distribuição igual à do Triângulo de Pascal, pois esses valores são obtidos a partir de números binomiais, sendo isso uma consequência da fórmula descrita anteriormente. A Tabela 1 ilustra essa situação.

**Tabela 1 – Relação entre número de estruturas internas de eventos texturais e a densidade-número no espaço intervalar em que os eventos podem acontecer**

Espaço intervalar	Densidade-número	Nº de estruturas de eventos
1	2	1
2	2	1
2	3	1
3	2	1
3	3	2
3	4	1
4	2	1
4	3	3
4	4	3
4	5	1

Fonte: os autores.

Percebe-se que se forem considerados apenas os valores das primeira e segunda colunas da tabela no cálculo com a fórmula das combinações simples, os valores correspondentes ao número de estruturas internas serão incompatíveis com os resultados obtidos; porém é fundamental ter em mente que esse cálculo apresenta a quantidade de configurações internas dos eventos; logo, as notas extremas não são consideradas e por isso são subtraídas na fórmula adaptada, como visto anteriormente. Observe-se, na Figura 2, como os valores da coluna de número de estruturas de eventos se relacionam com as linhas do Triângulo de Pascal.

**Figura 2 – Triângulo de Pascal**

1
1 1
1 2 1
1 3 3 1
1 4 6 4 1
1 5 10 10 5 1
1 6 15 20 15 6 1
1 7 21 35 35 21 7 1
1 8 28 56 70 56 28 8 1
1 9 36 84 126 126 84 36 9 1
1 10 45 120 210 252 210 120 45 10 1

Fonte: os autores.

Com base nisso, é possível afirmar que as mesmas propriedades do Triângulo de Pascal também são propriedades dos espaços intervalares no que tange à quantidade de estruturas de eventos texturais.

Uma propriedade fundamental para esse estudo é a de que a soma dos números binomiais de uma mesma linha do Triângulo de Pascal é uma potência de base 2, cujo expoente é igual ao numerador desses números binomiais. Nos termos desta investigação, a soma das quantidades de estruturas internas de eventos texturais de todas as densidades-número de um mesmo espaço intervalar é uma potência de base 2, cujo expoente é igual ao numerador desses binomiais. Veja-se como essa propriedade é expressa matematicamente e sua adequação ao contexto em discussão. No Triângulo de Pascal, o número binomial é calculado pela Equação 4 e pela Equação 5. No espaço intervalar o cálculo é realizado a partir da Equação 6. Considerando  $z - 2 = k$ , obtém-se a Equação 7.

**Equação 4 – Número binomial**

$$\binom{n}{p} = C_n^p = \frac{n!}{p!(n-p)!}$$

Fonte: Barros (2021).

**Equação 5 – Soma dos elementos de uma linha do Triângulo de Pascal**

$$\sum_{p=0}^n \binom{n}{p} = 2^n$$

Fonte: Barros (2021).



**Equação 6 – Adaptação da equação 5 à situação em estudo**

$$\binom{y-2}{z-2} = C_{y-2}^{z-2} = \frac{(y-2)!}{(z-2)!(y-z)!}$$

Fonte: os autores.

**Equação 7 – Adaptação da equação 6 à situação em estudo**

$$\sum_{k=0}^{y-2} \binom{y-2}{k} = 2^{y-2}$$

Fonte: os autores.

Graças a essa propriedade, pode-se calcular a quantidade total de estruturas de eventos texturais contidas entre o espaço intervalar 2 ao espaço intervalar 87. Comparativamente ao Triângulo de Pascal, isso equivale a somar todos os binomiais de todas as linhas desde a linha 0 à linha 86. Logo, no contexto deste estudo o somatório de todas as estruturas internas de eventos texturais é calculado pela Equação 8.

**Equação 8 – Somatório de todas as estruturas internas de eventos texturais possíveis no sistema em estudo**

$$\sum_{y=2}^{88} 2^{y-2} = 154.742.504.910.672.534.362.390.527$$

Fonte: os autores.

**Densidade-compressão em eventos de densidade-número 2 em todos os espaços intervalares**

A Tabela 2 abaixo apresenta o comportamento dos valores de densidade-compressão de todos os eventos texturais de densidade-número 2, ou seja, dos eventos texturais mais rarefeitos de cada espaço intervalar. Excetuando-se o caso do evento textural  $\frac{2}{1}$ , que possui o maior valor de densidade-compressão do sistema em estudo, todos os eventos texturais de densidade-número 2 são os menos densos de cada espaço intervalar. Além disso, eles são os eventos que determinam o espaço intervalar, e é a partir deles, por meio da inserção de notas entre os extremos, que os outros eventos mais densos são formados.

**Tabela 2 – Densidade-compressão dos eventos texturais  $\frac{2}{i}$**

Dn	I	Dc
2	1	2
2	2	1
2	3	0,666666667
2	4	0,5
2	5	0,4
2	6	0,333333333
2	7	0,285714286
2	8	0,25
2	9	0,222222222
2	10	0,2
2	11	0,181818182
2	12	0,166666667
2	13	0,153846154
2	14	0,142857143
2	15	0,133333333
2	16	0,125
2	17	0,117647059
2	18	0,111111111
2	19	0,105263158
2	20	0,1
2	21	0,095238095

2	22	0,090909091
2	23	0,086956522
2	24	0,083333333
2	25	0,08
2	26	0,076923077
2	27	0,074074074
2	28	0,071428571
2	29	0,068965517
2	30	0,066666667
2	31	0,064516129
2	32	0,0625
2	33	0,060606061
2	34	0,058823529
2	35	0,057142857
2	36	0,055555556
2	37	0,054054054
2	38	0,052631579
2	39	0,051282051
2	40	0,05
2	41	0,048780488
2	42	0,047619048
2	43	0,046511628

2	44	0,045454545
2	45	0,044444444
2	46	0,043478261
2	47	0,042553191
2	48	0,041666667
2	49	0,040816327
2	50	0,04
2	51	0,039215686
2	52	0,038461538
2	53	0,037735849
2	54	0,037037037
2	55	0,036363636
2	56	0,035714286
2	57	0,035087719
2	58	0,034482759
2	59	0,033898305
2	60	0,033333333
2	61	0,032786885
2	62	0,032258065
2	63	0,031746032
2	64	0,03125
2	65	0,030769231

2	66	0,03030303
2	67	0,029850746
2	68	0,029411765
2	69	0,028985507
2	70	0,028571429
2	71	0,028169014
2	72	0,027777778
2	73	0,02739726
2	74	0,027027027
2	75	0,026666667
2	76	0,026315789
2	77	0,025974026
2	78	0,025641026
2	79	0,025316456
2	80	0,025
2	81	0,024691358
2	82	0,024390244
2	83	0,024096386
2	84	0,023809524
2	85	0,023529412
2	86	0,023255814
2	87	0,022988506

Fonte: os autores.

### Densidade-compressão em eventos $\frac{i+1}{i}$

Os eventos texturais  $\frac{i+1}{i}$  são os eventos mais densos de cada espaço intervalar e são representados aqui como  $\frac{i+1}{i}$  porque o valor máximo de densidade-número em um dado espaço intervalar, ou seja, a quantidade de notas do evento textural mais denso, é igual à quantidade de semitons  $i$  acrescido de 1 ( $D_{n_{máx}} = i + 1$ ).

**Tabela 3 – Comportamento dos valores de densidade-compressão dos eventos texturais mais densos de cada espaço intervalar**

Dn	i	Dc
2	1	2
3	2	1,5
4	3	1,333333333
5	4	1,25
6	5	1,2
7	6	1,166666667
8	7	1,142857143
9	8	1,125
10	9	1,111111111
11	10	1,1
12	11	1,090909091
13	12	1,083333333
14	13	1,076923077
15	14	1,071428571
16	15	1,066666667
17	16	1,0625
18	17	1,058823529
19	18	1,055555556
20	19	1,052631579
21	20	1,05
22	21	1,047619048

23	22	1,045454545
24	23	1,043478261
25	24	1,041666667
26	25	1,04
27	26	1,038461538
28	27	1,037037037
29	28	1,035714286
30	29	1,034482759
31	30	1,033333333
32	31	1,032258065
33	32	1,03125
34	33	1,03030303
35	34	1,029411765
36	35	1,028571429
37	36	1,027777778
38	37	1,027027027
39	38	1,026315789
40	39	1,025641026
41	40	1,025
42	41	1,024390244
43	42	1,023809524
44	43	1,023255814

45	44	1,022727273
46	45	1,022222222
47	46	1,02173913
48	47	1,021276596
49	48	1,020833333
50	49	1,020408163
51	50	1,02
52	51	1,019607843
53	52	1,019230769
54	53	1,018867925
55	54	1,018518519
56	55	1,018181818
57	56	1,017857143
58	57	1,01754386
59	58	1,017241379
60	59	1,016949153
61	60	1,016666667
62	61	1,016393443
63	62	1,016129032
64	63	1,015873016
65	64	1,015625
66	65	1,015384615

67	66	1,015151515
68	67	1,014925373
69	68	1,014705882
70	69	1,014492754
71	70	1,014285714
72	71	1,014084507
73	72	1,013888889
74	73	1,01369863
75	74	1,013513514
76	75	1,013333333
77	76	1,013157895
78	77	1,012987013
79	78	1,012820513
80	79	1,012658228
81	80	1,0125
82	81	1,012345679
83	82	1,012195122
84	83	1,012048193
85	84	1,011904762
86	85	1,011764706
87	86	1,011627907
88	87	1,011494253

Fonte: os autores.

A Tabela 3 apresenta o comportamento dos valores de densidade-compressão dos eventos texturais mais densos de cada espaço intervalar, isto é, os eventos formados pela execução simultânea de todas as notas contidas no intervalo. Nota-se que os valores de densidade-compressão diminuem à medida que o espaço intervalar e a densidade-número aumentam.

### **Faixa de variação dos valores de densidade-compressão em cada espaço intervalar**

A Tabela 4 contém as faixas de variação dos valores de densidade-compressão de cada espaço intervalar  $i$ , isto é, a amplitude do intervalo real  $[D_{c_1}, D_{c_n}]$  em que variam os valores de densidade-compressão em cada espaço intervalar. Essa faixa de variação é representada por  $\Delta D_c$  e é obtida pela diferença entre os valores de densidade-compressão dos eventos texturais extremos de um espaço intervalar  $i$ , isto é, a diferença entre os eventos  $\frac{i+1}{i}$  e  $\frac{2}{i}$ . Veja-se na Equação 9 a obtenção da fórmula de  $\Delta D_c$ .

**Equação 9 – Faixa de variação dos valores de densidade-compressão em cada espaço intervalar ( $\Delta D_c$ )**

$$\Delta D_c = D_{c_n} - D_{c_1}$$

$$\Delta D_c = \frac{i+1}{i} - \frac{2}{i}$$

$$\Delta D_c = \frac{i-1}{i}$$

Fonte: os autores.

Nota-se (Tabela 4) que ao passo que o espaço intervalar cresce, cresce também a faixa de variação dos seus valores de densidade-compressão. A partir do espaço intervalar 50, a densidade-compressão tem praticamente a mesma faixa de variação, que é 0,98, com ínfimas oscilações para cima.

**Tabela 4 – Faixas de variação dos valores de densidade-compressão de cada espaço intervalar  $i$**

$i$	$\Delta D_c$	22	0,954545455	44	0,977272727	66	0,984848485
1	0	23	0,956521739	45	0,977777778	67	0,985074627
2	0,5	24	0,958333333	46	0,97826087	68	0,985294118
3	0,666666667	25	0,96	47	0,978723404	69	0,985507246
4	0,75	26	0,961538462	48	0,979166667	70	0,985714286
5	0,8	27	0,962962963	49	0,979591837	71	0,985915493
6	0,833333333	28	0,964285714	50	0,98	72	0,986111111
7	0,857142857	29	0,965517241	51	0,980392157	73	0,98630137
8	0,875	30	0,966666667	52	0,980769231	74	0,986486486
9	0,888888889	31	0,967741935	53	0,981132075	75	0,986666667
10	0,9	32	0,96875	54	0,981481481	76	0,986842105
11	0,909090909	33	0,96969697	55	0,981818182	77	0,987012987
12	0,916666667	34	0,970588235	56	0,982142857	78	0,987179487
13	0,923076923	35	0,971428571	57	0,98245614	79	0,987341772
14	0,928571429	36	0,972222222	58	0,982758621	80	0,9875
15	0,933333333	37	0,972972973	59	0,983050847	81	0,987654321
16	0,9375	38	0,973684211	60	0,983333333	82	0,987804878
17	0,941176471	39	0,974358974	61	0,983606557	83	0,987951807
18	0,944444444	40	0,975	62	0,983870968	84	0,988095238
19	0,947368421	41	0,975609756	63	0,984126984	85	0,988235294
20	0,95	42	0,976190476	64	0,984375	86	0,988372093
21	0,952380952	43	0,976744186	65	0,984615385	87	0,988505747

Fonte: os autores.

## A taxa de crescimento entre os valores de densidade-compressão de um espaço intervalar

A fórmula da densidade-compressão  $D_c = \frac{D_n}{i}$  pode ser interpretada como uma função linear  $f$  de  $A$  em  $B$  ( $f: A \rightarrow B$ ) em que o domínio  $A = \{x \in \mathbb{N} | 2 \leq x \leq (i + 1)\}$  contém os valores de densidade-número e o contradomínio  $B = \{y \in \mathbb{Q} | \frac{88}{87} \leq y \leq 2\}$  os valores  $y$  de densidade-compressão. A função  $f(x) = \frac{x}{i}$ , em que  $x$  é a densidade-número,  $i$  é um valor constante igual ao número de semitons do espaço intervalar, permite calcular os valores de densidade-compressão. A Tabela 5 apresenta um exemplo em que o espaço intervalar  $i$  é igual a 5. Logo, a função para esta situação é  $f(x) = \frac{x}{5}$ .

**Tabela 5 – Espaço intervalar 5**

Constante	Domínio	Contradomínio
Espaço intervalar ( $i$ )	Densidade-número( $x$ )	Densidade-compressão( $y$ )
5	2	0,4
5	3	0,6
5	4	0,8
5	5	1
5	6	1,2

Fonte: os autores.

Observando-se a coluna dos valores de densidade-compressão, da Tabela 5, constata-se que há uma “taxa” fixa de crescimento dos valores de  $y$  igual a 0,2. Em todos os espaços intervalares, os valores de densidade-compressão de seus eventos texturais aumentarão seguindo a razão  $\frac{1}{i}$ , que corresponde à derivada da função  $f(x) = \frac{x}{i}$ .

Em síntese, em um dado espaço intervalar  $i$ , os valores de densidade-compressão dos eventos intervalares aumentarão seguindo uma razão  $\frac{1}{i}$  à medida que a densidade-número aumenta, ou seja, à medida que mais notas (vozes) forem acrescentadas. Isso significa, em outras palavras, que os valores de densidade-compressão dos eventos texturais em um espaço intervalar  $i$  formam uma progressão aritmética em que  $a_1$  é igual a  $\frac{2}{i}$  e os outros membros podem ser obtidos pela fórmula  $a_n = a_1 + (n - 1)\frac{1}{i}$ .

## O emprego de frações na representação dos eventos texturais

Em situações analíticas ou composicionais, empregar os valores decimais de densidade-compressão não é algo prático. Por isso, sugere-se aqui o emprego de frações para representar tanto a densidade-compressão quanto os eventos texturais. No caso desses últimos, essa fração é chamada de razão primária de evento textural.

Como dito anteriormente, é possível que eventos texturais de razões primárias distintas tenham o mesmo valor de densidade-compressão. Isso se explica pelo fato de essas razões serem frações equivalentes. Conseqüentemente haverá, para cada coleção de frações equivalentes, uma fração irredutível a partir da qual todas as outras podem ser obtidas pela multiplicação por um fator  $\frac{c}{c}$ . Essa fração irredutível pode ser usada para representar o valor  $n$  de densidade-compressão de todas as razões primárias de eventos texturais de densidade-compressão  $n$ .

Para tornar mais prática a análise com essas frações, os autores deste trabalho elaboraram um programa em Python que calcula todas as frações equivalentes a uma razão primária de evento textural. As frações devolvidas pelo programa seguem as restrições comentadas ao longo deste trabalho, de modo que todas as frações equivalentes sejam razões primárias de eventos texturais possíveis de serem realizados no sistema de temperamento igual.

Além desse programa, confeccionou-se uma tabela com todas as frações irredutíveis que representam um único valor de densidade-compressão. O uso combinado dessa tabela com

o programa facilitará o estudo da densidade-compressão e a compreensão das relações entre eventos texturais de diferentes razões primárias.<sup>8</sup>

## Considerações finais

Esta pesquisa encontrou resultados que não só respondem às indagações apresentadas na introdução deste artigo, como também ampliam uma compreensão mais detalhada do conceito de densidade-compressão proposto por Berry (1987), uma vez que foram apresentadas discussões sobre o comportamento dos valores de  $D_c$  de: 1) eventos texturais compostos apenas pelas notas que determinam o espaço intervalar; 2) eventos texturais construídos com todas as notas de um espaço intervalar; e 3) todos os eventos texturais de um espaço intervalar.

Além disso, apresentou-se aqui uma interpretação matemática do conceito, que permite, aos compositores familiarizados com essa linguagem, a previsão do comportamento da densidade-compressão quando suas variáveis foram alteradas. Isso aliado ao programa criado e ao manuseio das tabelas se mostra como um conhecimento fundamental para a elaboração de um plano composicional baseado na relevância estrutural do conceito em discussão.

Espera-se que os dados fornecidos por esta pesquisa sejam capazes de ajudar a sanar algumas dúvidas sobre o comportamento da densidade-compressão e instigar músicos a planejar e estudar a estrutura de composições com base na densidade-compressão dos eventos texturais da obra. Além disso, reforça-se que este não foi um estudo exaustivo das propriedades e do comportamento do conceito pesquisado. Portanto, convidam-se os pesquisadores do assunto a, a partir das contribuições deste trabalho, conduzirem novos estudos que ensejem uma compreensão cada vez mais holística da textura e de seus componentes, desde os aspectos qualitativos aos quantitativos.

---

<sup>8</sup> Em virtude de sua extensão, o *Programa de Razões Primárias (Frações Equivalentes).py* e a tabela de *Razões Primárias* são disponibilizados no link <https://11nk.dev/eXHTU>

## Referências

- ALVES, José Orlando. 2005. *Invariâncias e disposições texturais: do planejamento composicional à reflexão sobre o processo criativo*. Tese de Doutorado. Campinas: UNICAMP.
- ANDREWS, George. *The theory of partitions*. Cambridge: Cambridge University, 1984.
- BARROS, G. S. Números binomiais: aplicações ao ensino e extensões. 2021. 98 f. Dissertação (Mestrado em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.
- BERRY, Wallace. *Structural Functions in Music*. New York: Dover, 1987.
- Dantas & Alves. 2015. *Vetor textural: uma proposta para descrição de eventos texturais*. XXV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM). Vitória: UFES.
- GENTIL-NUNES, Pauxy. *Análise Particional: uma mediação entre composição musical e teoria das partições*. Rio de Janeiro, 2009. Tese (Doutorado em música). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
- GRISI, Felipe & ALVES, José Orlando. 2012. *A aplicação da equação logística na determinação da densidade textural*. XXIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Música (ANPPOM). João Pessoa: UFPB.
- JARA, A.; IRLANDINI, L. A. *A discussion of texture theory and wallace berry's concept of density-compression*. *Per Musi*, [S. l.], v. 24, p. 1–19, 2023.
- MOREIRA, Daniel. 2019. *Textural Design: A compositional theory for the organization of musical texture*. Thesis (Ph.D. in Music). Graduate Program in Music, Center of Letters and Arts, School of Music, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), 2019.