

Controlo da Qualidade de Produtos de Panificação e Pastelaria

Cláudia Sofia Pereira Fernandes

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Departamento de Química e Bioquímica

2017

Orientador

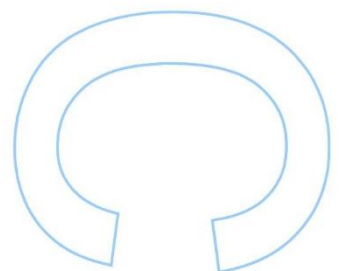
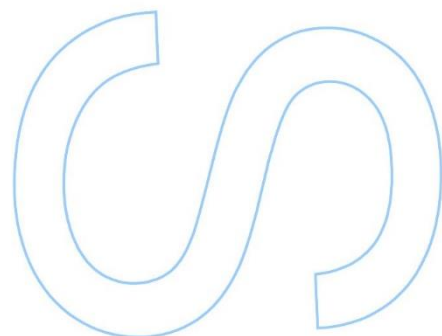
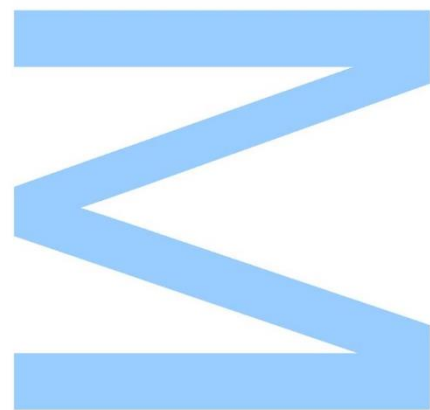
Nuno Vale, Investigador Externo, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciência da Universidade do Porto

Coorientador

Victor Freitas, Professor Catedrático, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Orientador Externo

Helena Matos Rangel, Diretora do Departamento da Qualidade da Panrico

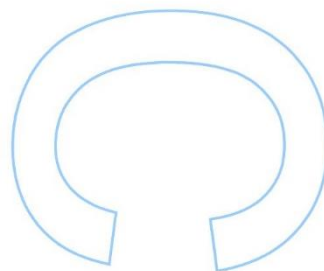
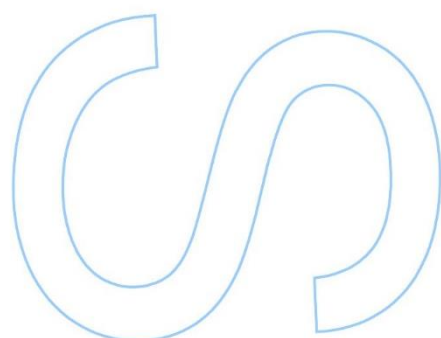
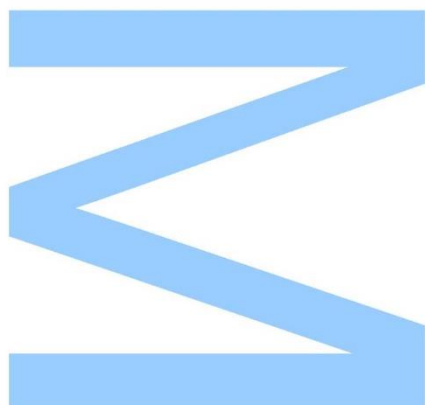




Universidade do Minho

Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.
O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Nuno Vale por aceitar orientar-me durante a redação deste projeto. Um grande obrigado por todo o seu apoio, preocupação e por todos os conselhos prestados durante esta jornada.

Agradeço ainda à Engenheira Helena Rangel pelo apoio prestado ao longo destes nove meses de estágio e pela confiança depositada durante o desempenho das diferentes tarefas. Gostaria ainda de agradecer ao Engenheiro Nuno Nogueira por ter autorizado este estágio curricular permitindo a realização de todo o meu trabalho prático nas instalações da Panrico. Quero ainda demonstrar um especial apreço à Daniela Santos, Simão Lima e Susy Domingues que me ensinaram tudo relacionado à parte laboratorial, possível para a elaboração deste relatório, mostrando-se sempre prestáveis no esclarecimento das minhas dúvidas. Ainda um especial obrigado a todos os restantes colaboradores da Panrico que me acolheram da melhor forma, facilitando o meu processo de adaptação.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã, que sempre me apoiaram, quer psicologicamente, quer monetariamente, permitindo o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Por último um grande obrigado a todos os meus amigos e colegas de mestrado que me acompanharam e apoiaram durante esta nova etapa.

Resumo

O controlo de parâmetros da qualidade ao longo de toda a linha de produção é um dos pontos fulcrais de qualquer indústria alimentar. De forma a dar resposta a esta necessidade, criou-se um conjunto de análises físico-químicas e métricas a serem efetuadas às matérias-primas, ao produto acabado, bem como ao material de embalagem que sustenta o produto.

Adicionalmente a todo o processo ligado ao controlo da qualidade das matérias-primas, embalagem e produto acabado, desenvolveu-se um projeto onde se efetuou um estudo de acompanhamento de dois tipos de pães de forma sem còdea, formulados com farinhas de trigo diferentes (refinada e integral), e onde se quantificou a dureza, o teor de humidade e a atividade da água ao longo do tempo de vida dos mesmos. Ambos os pães apresentaram um comportamento expectável para os parâmetros analisado ao longo dos dias de vida, verificando-se que o conteúdo nutricional, a migração da água e os fenómenos de staling, como a retrogradação do amido, têm um impacto fulcral na textura do pão.

Ainda no presente projeto concluiu-se que fatores como o material de embalagem e o uso de agentes *anti-staling*, como os estabilizadores, na indústria da panificação influenciam as características físico-químicas do produto final.

Palavras-chave: Indústria da Panificação, Glúten, Amido, Qualidade Alimentar, *Staling*, Textura, Humidade, Atividade da água

Abstract

The control of quality throughout the production line is one of the most significant issues in any food industry. In order to respond to this need, a set of physical, chemical and metric analysis were developed to control the raw materials, the final product, as well as the packaging that will hold this final product.

In addition to the whole process related to quality control of raw materials, packaging and final product, a project was also carried on consisting in a follow-up study on two types of loaf breads without crust, formulated with different wheat flours (refined and whole wheat). In this study the hardness was quantified, as well as the moisture content and water activity up to their shelf life. Both bread had shown an expected behaviour for the analyzed parameters throughout the shelf-life, and it was possible to infer that the nutritional content, water migration and the staling phenomenon, such as retrogradation of the starch, have an important impact over the texture of the bread.

Is was also concluded in this project that factors such as packaging material and the use of anti-staling agents, like the stabilizers, in the bread making industry also influence the physiochemical characteristics of the final product.

Keywords: Bread making Industry, Gluten, Starch, Food Quality, Staling, Texture, Moisture, Water Activity

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Panificação.....	1
1.1.1. Ingredientes essenciais	1
1.1.2. Ingredientes não essenciais	4
1.1.3. Processo de Fabrico.....	5
1.2. Pastelaria Fresca.....	13
1.2.1. Travesseiros.....	13
1.2.2. Madalenas.....	14
1.3. História da Empresa	15
1.3.1. Unidade Fabril de Gulpilhares	16
1.4. Objetivos	21
2. Análises às Matérias-primas.....	22
2.1. Matérias-Primas a granel.....	22
2.1.1. Humidade Relativa	23
2.1.2. Alveograma	24
2.1.3. pH.....	27
2.1.4. Densidade	27
2.1.5. Reofermentograma.....	27
2.1.6. Índice de peróxidos.....	30
2.1.7. Índice de acidez.....	31
2.1.8. Graus Brix	31
2.2. Matérias-Primas Embaladas.....	32

3. Análises ao Material de Embalagem.....	33
4. Análises ao Produto Final	34
5. Análises às águas de consumo e ETAR	35
6. Controlo Ambiente	36
7. Caso de Estudo: Acompanhamento das caraterísticas de diferentes pães de forma ao longo do tempo de vida.....	37
7.1. Definição do Projeto	37
7.2. Materiais e Métodos	37
7.2.1. Amostragem	37
7.2.2. Textura	39
7.2.3. Humidade	39
7.2.4. Atividade da água.....	40
7.3. Resultados Obtidos	40
7.3.1. Grupo A – Pães formulados com farinha refinada	40
7.3.2. Grupo B – Pães formulados com farinha não refinada.....	57
8. Conclusões.....	73
9. Bibliografia.....	74
10. Anexos	78
Anexo A. Curvas de Dureza para os pães do Grupo A.....	78
Anexo B. Curvas de Dureza para os pães do Grupo B.....	90

Índice de Figuras

Figura 1. Composição nutricional de uma farinha de trigo refinada (Figoni, 2008c) (adaptado)	2
Figura 2. Fluxograma simplificado do processo de panificação	6
Figura 3. Diferença entre a existência (esquerda) e a ausência (direita) da etapa de pré-fermentação (S. Cauvain, 2012) (adaptado)	8
Figura 4. Acompanhamento das temperaturas interior do forno (gráfico azul), da superfície do pão (gráfico verde), e no centro do produto (gráfico vermelho), através da utilização de um Datalogger, obtido na Empresa	11
Figura 5. Acompanhamento da temperatura (°C) (gráfico azul) e humidade relativa (%) (gráfico vermelho) na câmara de arrefecimento da Empresa, através da utilização de um Datalogger	12
Figura 6. Esquematização da produção de massa folhada usada na fabricação do travesseiro (Stanley P. Cauvain, 2017a) (adaptado)	13
Figura 7. Alteração do logótipo da empresa após a compra pela Adam Foods.....	16
Figura 8. Logótipo do Grupo Adam Foods	16
Figura 9. Unidade Fabril Nutpor em Gulpilhares	17
Figura 10. Fluxograma de fabrico do pão com còdea	18
Figura 11. Fluxograma de fabrico do pão sem còdea	19
Figura 12. Fluxograma de fabrico de travesseiros de chocolate	20
Figura 13. Fluxograma de fabrico de madalenas	21
Figura 14. Alveógrafo de Chopin	24
Figura 15. Exemplificação de um alveograma (Tömösközi & Békés, 2016) (adaptado)	25
Figura 16. Exemplo de um alveograma relativo à farinha, recebida no dia 2 de fevereiro de 2017.....	26
Figura 17. Reofermentografo Rheo F4 Chopin	28
Figura 18. Reofermentograma relativo à Levedura líquida recebida a 31 de janeiro de 2017	29
Figura 19. Esquematização da determinação do CQO (Ma, 2017) (adaptado)	35
Figura 20. Lista de ingredientes e características nutricionais dos pães do grupo A... 38	
Figura 21. Lista de ingredientes e características nutricionais dos pães do grupo B... 38	
Figura 22. Esquematização da preparação do pão de forma para o texturómetro	39
Figura 23. Associação entre as curvas de dureza e a sua ordem de análise	40
Figura 24. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 0	41

Figura 25. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 1	41
Figura 26. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 2	42
Figura 27. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 4	42
Figura 28. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 6	43
Figura 29. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 9	43
Figura 30. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 12	44
Figura 31. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 14	44
Figura 32. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 16	45
Figura 33. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 18	45
Figura 34. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 19	46
Figura 35. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 20	46
Figura 36. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 21	47
Figura 37. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 22	47
Figura 38. Evolução da dureza nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida.....	54
Figura 39. Evolução do teor de humidade nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida.....	54
Figura 40. Evolução da atividade da água nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida.....	55
Figura 41. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 0	58
Figura 42. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 1	58
Figura 43. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 2	59

Figura 44. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 4	59
Figura 45. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 6	60
Figura 46. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 9	60
Figura 47. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 12	61
Figura 48. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 14	61
Figura 49. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 16	62
Figura 50. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 18	62
Figura 51. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 19	63
Figura 52. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 20	63
Figura 53. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 21	64
Figura 54. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 22	64
Figura 55. Evolução da dureza nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida.....	70
Figura 56. Evolução do teor de humidade nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida.....	70
Figura 57. Evolução da atividade da água nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida.....	71
Figura 58. Curvas de dureza relativas à análise do dia 25 de janeiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	79
Figura 59. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]	80
Figura 60. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]	81

Figura 61. Curvas de dureza relativas à análise do dia 15 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]	82
Figura 62. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	83
Figura 63. Curvas de dureza relativas à análise do dia 15 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	84
Figura 64. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	85
Figura 65. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	86
Figura 66. Curvas de dureza relativas à análise do dia 23 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	87
Figura 67. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	88
Figura 68. Curvas de dureza relativas à análise do dia 29 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	89
Figura 69. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]	91
Figura 70. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91
Figura 71. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91
Figura 72. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91

Figura 73. Curvas de dureza relativas à análise do dia 23 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91
Figura 74. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91
Figura 75. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91
Figura 76. Curvas de dureza relativas à análise do dia 28 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22].....	91

Índice de Tabelas

Tabela 1. Percentagens aproximadas relativas ao farelo, endosperma e gérmen para o trigo, arroz, milho e sorgo (Kamal-Eldin, 2016) (adaptado)	1
Tabela 2. Comparação dos perfis nutricionais do trigo, arroz, milho e trigo sarraceno (Cristina M. Rosell, Barro, Sousa, & Mena, 2014) (adaptado).....	2
Tabela 3. Controlo das Matérias-Primas recebidas a Granel e suas respetivas análises antes da descarga	22
Tabela 4. Controlo das Matérias-Primas recebidas a Granel e suas respetivas análises antes e após a descarga.....	23
Tabela 5. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 25 de janeiro de 2017	48
Tabela 6. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 1 de fevereiro de 2017.....	48
Tabela 7. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 8 de fevereiro de 2017	49
Tabela 8. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 15 de fevereiro de 2017	49
Tabela 9. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 1 de março de 2017.....	50
Tabela 10. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 8 de março de 2017.....	50

Tabela 11. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 15 de março de 2017.....	51
Tabela 12. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017.....	51
Tabela 13. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017.....	52
Tabela 14. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 23 de março de 2017.....	52
Tabela 15. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017.....	53
Tabela 16. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 29 de março de 2017.....	53
Tabela 17. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de fevereiro de 2017.....	65
Tabela 18. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de fevereiro de 2017.....	65
Tabela 19. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 01 de março de 2017.....	66
Tabela 20. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 08 de março de 2017.....	66
Tabela 21. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017.....	67
Tabela 22. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 23 de março de 2017.....	67
Tabela 23. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017.....	68
Tabela 24. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017.....	68
Tabela 25. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 28 de março de 2017.....	69

Lista de Abreviaturas e Siglas

AACC: American Association for Clinical Chemistry

CQO: Carência Química de Oxigênio

DDV: Dia de Vida

EAN: European Article Number

ETA: Estação de Tratamento de Águas

ETAR: Estação de Tratamento de Águas Residuais

GRAS: Generally Recognized as Safe

HMWGS: High Molecular Weight Glutenin Subunits

I&D: Inovação e Desenvolvimento

INSA: Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge

IV: Infravermelhos

MP: Matérias-Primas

NP: Norma Portuguesa

PCC: Ponto Crítico de Controlo

PP: Polypropylene

RM: Reações de Maillard

TPA: Texture Profile Analysis

1.Introdução

1.1. Panificação

Ao longo da história, o pão revelou-se ser de uma enorme importância, devido ao seu reconhecimento e inserção na dieta alimentar, sendo que o mesmo deve ser devidamente apresentado ao consumidor, respeitando tanto a composição nutricional como as características organoléticas próprias, condicionantes da qualidade do pão.

A Portaria nº 52/2015 define o pão, como um produto resultante da cozedura de uma massa obtida a partir da mistura de alguns ingredientes essenciais sendo ainda possível a utilização de auxiliares tecnológicos, como é o caso das enzimas, isto tudo respeitando os limites legalmente impostos. ("Portaria nº 52/2015 ", 2015)

O pão, sendo um produto à base de cereais, apresenta um conteúdo nutricional elevado e variado, destacando-se o seu alto teor em hidratos de carbono complexos, sob a forma de amido, minerais (entre os quais o cálcio, magnésio, fósforo e ferro), vitaminas (ácido fólico, niacina, tiamina e riboflavina), fibras e proteínas, e o seu baixo teor em lípidos. Esta matriz nutricional acarreta consigo bastantes benefícios para a saúde, conferindo proteção contra várias doenças crónicas, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e cancro do colon. (Collar, 2016) (Vieira, Oliveira, Soares, & Pinho, 2007)

1.1.1. Ingredientes essenciais

1.1.1.1. Farinha

Independentemente do tipo de cereal, todos os grãos são constituídos essencialmente por três partes: o gérmen, o endosperma e o farelo, como mostra a Tabela 1. As variações nos percentis de cada parte vão ter influencia direta no perfil nutricional e funcional de cada cereal, como se verifica pela Tabela 2. (Zhou et al., 2013)

Tabela 1. Percentagens aproximadas relativas ao farelo, endosperma e gérmen para o trigo, arroz, milho e sorgo (Kamal-Eldin, 2016) (adaptado)

Cereal grain	Relative percentage (wt%)		
	Pericarp	Endosperm	Germ
Wheat (<i>Triticum aestivum</i>)	4–6	91–93	2–4
Rice (<i>Oryza sativa</i>)	2–3	95–96	2–3
Maize (<i>Zea maize</i>)	5–6	80–85	10–15

Tabela 2. Comparação dos perfis nutricionais do trigo, arroz, milho e trigo sarraceno (Cristina M. Rosell, Barro, Sousa, & Mena, 2014) (adaptado)

	Wheat	Rice	Corn	Buckwheat
Carbohydrates (%)	75.90	77.20	74.30	71.50
Dietary Fibre (%)	12.20	3.50	7.30	10.00
Proteins (%)	11.30	7.90	9.40	13.20
Fats (%)	1.70	2.90	4.70	3.40
Calcium (mg)	32	23	7	18
Iron (mg)	4.6	1.5	2.7	2.2
Magnesium (mg)	93	143	127	231
Folate (µg)	38	20	19	30

Na indústria da panificação o tipo de farinha mais utilizado é a farinha de trigo, sendo responsável pelo fornecimento de amido e proteínas formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas), como representa a Figura 1, sendo responsável ainda pelo comportamento reológico da massa, e consequente aspeto e volume do pão, e pela absorção de água. (Arendt & Zannini, 2013e)

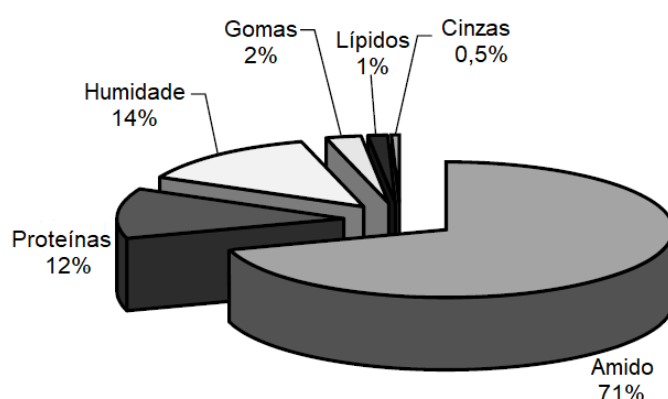


Figura 1. Composição nutricional de uma farinha de trigo refinada (Figoni, 2008c) (adaptado)

As farinhas resultantes da moagem do trigo possuem características únicas no que toca à fabricação de pão. Este cereal é capaz de formar uma massa de pão extensível e elástica devido à presença das proteínas formadoras de glúten. No entanto, o maior constituinte do trigo é o amido, apresentando um baixo teor em lípidos e elevado conteúdo em fibras e micronutrientes, como minerais e as vitaminas B e E, sendo por isso uma importante fonte de energia. Apesar do seu baixo teor em proteínas, o trigo consegue responder às necessidades diárias em aminoácidos essenciais, com a exceção da lisina. (Arendt & Zannini, 2013e) (Wrigley, 2016)

Existem vários tipos de farinhas de trigo no mercado, classificadas mediante as partes do grão que compõem a farinha medidas através do teor em cinzas, ou sejam desde farinhas refinadas até às integrais. Porém, existe um tipo farinha que está a ganhar cada vez mais protagonismo entre os consumidores, a farinha de trigo sarraceno. Esta apresenta um conteúdo em proteínas e minerais mais elevado que a farinha de trigo comum, e a sua principal característica reside no facto de não ser capaz de produzir glúten, devido à pouca ou inexistente quantidade em gliadinas, tornando-se assim ideal para doentes celíacos. (Collar, 2016) (Arendt & Zannini, 2013a)

Para além das farinhas de trigo existem ainda farinhas de milho. Estas apresentam um perfil proteico baixo, especialmente em lisina, quando comparadas com o trigo. O gérmen é especialmente rico em lípidos, minerais, açúcares e em vitaminas lipossolúveis, como a A e a E. Farinhas de milho não são capazes de formar glúten, isto deve-se à classe de prolaminas presentes, designadas por zeínas. Comparada com a do trigo, esta proteína é diferente, razão pela qual a maioria dos pães de milho, como é o caso da broa de milho, possui uma ligeira quantidade de farinha de centeio ou de trigo para originar uma massa mais elástica. (Arendt & Zannini, 2013b)

As farinhas obtidas a partir do centeio também são utilizadas nas indústrias de panificação. Em comparação com as farinhas de trigo, a performance das farinhas de centeio é ligeiramente inferior, devido ao menor conteúdo em amido e proteínas brutas. Apesar disso, apresenta um conteúdo superior em fibra. (Arendt & Zannini, 2013d)

A farinha de arroz, em comparação com as restantes, é a que apresenta um conteúdo proteico mais baixo, sendo que o conteúdo em prolaminas é relativamente pobre. Consequentemente este cereal não é capaz de formar glúten, o que acarreta problemas tecnológicos no que toca à panificação. O seu baixo conteúdo em amiloses condiciona a temperatura de gelatinização do amido. (Arendt & Zannini, 2013c) (Juliano, 2016)

1.1.1.2. Água

A água, para além de hidratar o amido e as proteínas da farinha, promove a solubilização e dispersão dos ingredientes na massa, contribui para a formação da rede de glúten, controla a temperatura da massa e tem um impacto no tempo de prateleira. Além disso, tem como função ativar a levedura, permitindo que a fermentação ocorra, refletindo-se no desenvolvimento da massa. (Arendt & Zannini, 2013e) (Figoni, 2008b)

1.1.1.3. Levedura

A levedura mais vulgarmente utilizada na indústria de panificação é a *Saccharomyces cerevisiae* responsável pela fermentação alcoólica onde ocorre a metabolização de açúcares fermentáveis em etanol (que confere o aroma característico do pão) e dióxido

de carbono (responsável pelo volume do pão quando aprisionado na rede de glúten), durante a fermentação e nos estágios iniciais da cozedura. (Arendt & Zannini, 2013e)

1.1.1.4. Sal

A adição de sal contribui principalmente para um enriquecimento do perfil sensorial do pão, mas também atua ao nível da rede do glúten, conferindo uma massa mais tenaz, ajuda ainda a controlar a taxa de fermentação, e ainda possui um controlo na atividade da água dentro da matriz alimentar o que impede a proliferação de microrganismos deterioradores. (Arendt & Zannini, 2013e)

No entanto esta adição deve ser controlada, e segundo a Portaria nº 75/2009, o teor de sal presente num pão nunca deverá ultrapassar 1,4g em 100g, o que corresponde a 0,55g de sódio. ("Portaria nº 75/2009," 2009)

1.1.2. Ingredientes não essenciais

1.1.2.1. Açúcar

O açúcar adicionado na formulação de um pão, sendo o mais usual a sacarose, para além de conferir um novo perfil sensorial ao pão, como o sabor e cor através das reações de Maillard, é utilizado pelo metabolismo da levedura, contribuindo para a produção de gás. A adição deste ingrediente é um fator que interfere com a temperatura de gelatinização do amido. Afeta ainda a atividade da água no produto, controlando o desenvolvimento de microrganismos. (Arendt & Zannini, 2013e)

1.1.2.2. Gordura

A adição de uma gordura contribui para a lubrificação da massa do pão, criando uma fina película sobre as bolhas de ar formadas pela fermentação alcoólica, permitindo um melhoramento na retenção de gás. Além disso, confere uma textura mais fofa ao produto final. (Arendt & Zannini, 2013e)

1.1.2.3. Glúten de trigo

Este ingrediente é especialmente utilizado na fabricação de pães formulados com farinhas integrais, isto porque as partículas de fibra e farelo presentes neste tipo de farinhas causam descontinuidades e não homogeneidades ao nível da rede de glúten, comprometendo a retenção de gás, levando à perda de volume do produto final. Desse modo a adição de glúten contraria este efeito, potenciando uma melhor absorção da água, um aumento da força da massa e volume do pão. (Steinfurth, Koehler, Seling, & Mühling, 2012) (Arendt & Zannini, 2013e)

1.1.3. Processo de Fabrico

O processo de fabrico do pão é caracterizado pela sua complexidade devido às diferentes reações físico-químicas envolventes, bem como às mudanças microbiológicas e bioquímicas provocadas pela ação das leveduras e enzimas endógenas. A produção de pão baseia-se na mistura da farinha e outros agentes tecnológicos, com água para hidratar os constituintes da farinha e levedura de modo a produzir dióxido de carbono durante a fermentação. (H.-D. Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009) (C. M. Rosell, 2016) (Collar, 2016)

Sumariamente, o processo de fabrico de pão compreende alguns passos comuns a todos os pães, como mostra a Figura 2, começando com a mistura das matérias-primas (MP) básicas, como é o caso da farinha de trigo, água, sal, levedura com outros ingredientes opcionais, fazendo com que se forme uma rede de glúten na massa através da aplicação de energia aquando a mistura. Durante a formação da estrutura de glúten, dá-se uma modificação das propriedades reológicas na massa, levando a uma melhoria na capacidade de expansão da mesma quando se verifica um aumento da pressão com a produção de dióxido de carbono na etapa de pré-fermentação. Finalizada esta operação unitária, a massa obtida é moldada de modo a que se expanda e fermente durante a fermentação. A expansão final da massa, bem como a fixação da estrutura final do pão, ocorre durante a cozedura. Nesta etapa verifica-se um maior grau de evaporação, levando ao aumento significativo da temperatura superficial do pão, tendo como consequência a formação da côrde, provocada pela reação dos açúcares. Estas modificações são conhecidas como reações de Maillard e conferem novas características sensoriais ao pão, quer em termos visuais, quer em termos de sabor. Com o término da cozedura, o pão necessita de ser arrefecido, embalado se for o caso, e armazenado. (H.-D. Belitz et al., 2009) (Figoni, 2008b) (S. P. Cauvain, 2016)



Figura 2. Fluxograma simplificado do processo de panificação

Na indústria da panificação, a mistura das matérias-primas, além de ser a primeira etapa do processo de fabrico de pão, é considerada uma das mais importantes, pois tem um impacto direto na qualidade do produto final. (C. M. Rosell, 2016)

A mistura possibilita a introdução de bolhas de ar, a homogeneização dos ingredientes utilizados, bem como ainda a hidratação dos constituintes da farinha que, com a ação de energia mecânica fornecida pelas pás da amassadora, proporciona o desenvolvimento de uma rede proteica, fazendo com que as partículas das proteínas se rompam e formem ligações covalentes e não covalentes, originando uma estrutura tridimensional com propriedades viscoelásticas e capaz de reter gás produzido durante a etapa de fermentação. (C. M. Rosell, 2016) (Gao, Koh, Tay, & Zhou, 2017) (Jha, Chevallier, Cheio, Rawson, & Le-Bail, 2017)

Uma parte do conteúdo proteico da farinha tem a habilidade de formar glúten, sendo este uma rede macromolecular e viscoelástica gerada por duas subfrações, as gluteninas, capazes de conferir força e elasticidade à massa, e as gliadinas, responsáveis pela viscosidade da massa. As gluteninas, mais especificamente as subunidades de gluteninas com alto peso molecular (HMWGS) são as que estão mais diretamente envolvidas nas propriedades viscoelásticas da massa. As subunidades das gluteninas contêm cisteína com grupos tiol que formam pontes de dissulfureto (SS) fazendo com que as gluteninas interajam entre si. Já as gliadinas são proteínas monoméricas consideradas como solventes dos agregados de gluteninas, conferindo assim a viscosidade à massa. (C. M. Rosell, 2016) (Wang, Jin, & Xu, 2015) (H.-D. Belitz et al., 2009)

Existem ainda alguns fatores que devem ser tidos em conta para que o desenvolvimento do glúten seja o esperado, tais como o tipo de farinha, a quantidade e as características físico-químicas da água, o binómio temperatura-tempo a que decorre a etapa de mistura, assim como os agentes tecnológicos adicionados (por exemplo sal, conservantes, reguladores de acidez, entre outros).

A proporção e distribuição das proteínas presentes na farinha são críticas para a panificação e influenciam a mistura, fermentação e cozedura. Por exemplo a utilização de uma farinha de trigo irá conferir uma rede proteica muito mais consistente do que uma farinha de arroz. A água, devido à sua dureza e pH, vai condicionar fortemente a construção do glúten: uma água mais dura vai dar origem a uma massa dura, debilitando e reduzindo o poder de retenção de gás, impedindo a sua expansão da massa; já uma água muito mole, irá conduzir a uma massa mais mole e pegajosa. Relativamente ao pH, o valor ideal para um desenvolvimento ótimo do glúten situar-se-á entre os 5-6 e, de modo a respeitar este intervalo, são muitas vezes adicionados corretores de acidez, como o ácido acético. A massa deve ser amassada durante um tempo específico, identificado como o ótimo desenvolvimento da massa, sendo que um tempo insuficiente dá origem a um pão com um volume e qualidade inferiores; já um tempo excessivo resulta no decréscimo da consistência da massa, tornando-a mais pegajosa, afetando negativamente a qualidade do produto final. No que diz respeito à temperatura, é espectável que esta suba no decorrer da mistura devido à ação mecânica exercida sobre a massa, e de modo a evitar um aquecimento indesejável que poderia originar a uma fermentação antecipada por parte da levedura, é utilizada água refrigerada, ou por vezes gelo, de modo a manter a temperatura da massa num intervalo entre os 21-27°C. No que diz respeito ao sal, que confere sabor ao pão, também controla a taxa de fermentação e a atividade enzimática. Além do mais, a adição de sal reforça o glúten, melhorando a sua coesividade, deixando a massa menos pegajosa. De forma a contrariar o crescimento e proliferação de microrganismos deterioradores, as indústrias de panificação optam ainda pela adição de conservantes, como o propionato de cálcio (E282), que atua como antifúngico na matriz alimentar, e o ácido sórbico (E200). Apesar de existir um limite para a dosagem destes compostos, eles são geralmente reconhecidos como seguros (GRAS). (Tömösközi & Békés, 2016) (C. M. Rosell, 2016) (Figoni, 2008a) (Marsh & Cauvain, 2007) (Magan, Aldred, & Arroyo, 2012)

Para além da formação da malha de glúten, existe ainda outro biopolímero com um enorme impacto na panificação, o amido, responsável não só pela textura, mas também pela estabilidade do produto acabado. O amido consiste em cerca de 70-80% de amilopectina, e 20-30% de amilose. A amilopectina é uma molécula constituída por

cadeias lineares de glucose com ligações α 1 $\rightarrow$ 4 e cadeias ramificadas nas ligações α 1 $\rightarrow$ 6, que ocorrem a cada 24-30 unidades de glucose, conferindo solubilidade à molécula acelerando a sua degradação. Já a amilose é uma molécula linear, com ligações α 1 $\rightarrow$ 4 entre as D-glucopiranoses, atuando sobre o grau de cristalização da amilopectina. (C. M. Rosell, 2016) (Clifton & Keogh, 2016) (Ai & Jane, 2016) (Cristina M. Rosell & Collar, 2009)

Após a etapa de mistura estar concluída, a massa resultante vai ser dividida em pequenas e semelhantes porções de acordo com as especificações do produto. Regra geral, estas porções são submetidas a dois processos de formação separados por um período de repouso, conhecido por pré-fermentação. A primeira formação da massa passa pelo boleamento da mesma, que consiste em dar à massa uma forma semelhante a uma bola. Depois a massa é então repousada durante aproximadamente 10 minutos, para iniciar a produção de dióxido de carbono pela levedura. Esta pré-fermentação é importante porque ajuda a melhorar a etapa de fermentação, pois condiciona as propriedades elásticas da massa, criando estruturas celulares maiores, refletindo-se na qualidade final do pão como se evidencia pela Figura 3. (Jha et al., 2017) (S. P. Cauvain, 2016)

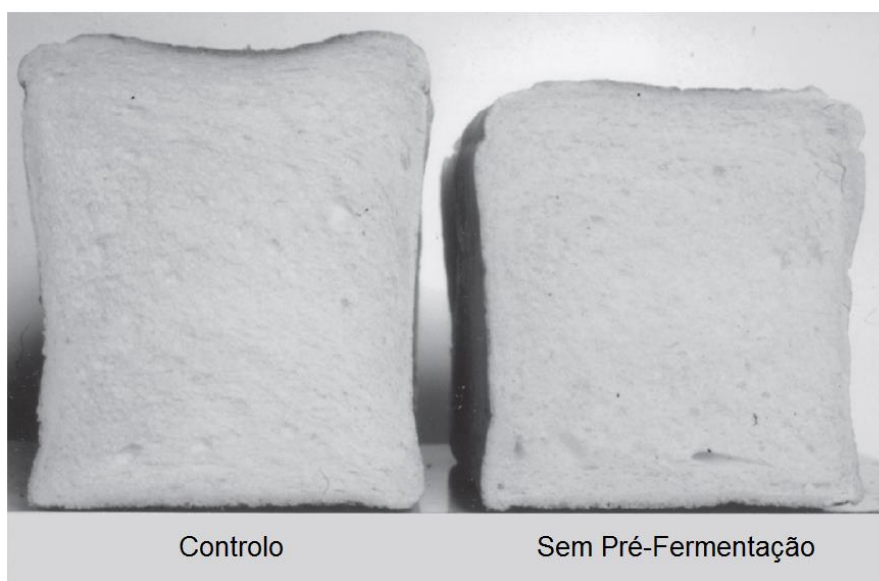
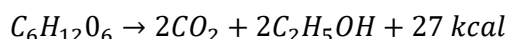


Figura 3. Diferença entre a existência (esquerda) e a ausência (direita) da etapa de pré-fermentação (S. Cauvain, 2012) (adaptado)

Finalizada a pré-fermentação, a massa é moldada de forma a se fixar a estrutura final, onde a mesma é achatada e enrolada sobre ela própria, e posteriormente inserida em moldes que irão entrar para uma câmara, com temperatura e humidade controladas, de modo a dar início à fermentação. Esta etapa, além de fulcral, é a das mais demoradas

do processo de panificação, sendo que em média é necessário cerca de 1-1:30h para atingir o volume pretendido. No entanto, existem vários parâmetros que alteram o tempo de fermentação, como o tipo de farinha, quantidade de sal, o conteúdo de água e levedura e a temperatura. Por exemplo, a temperatura deve ser apropriada de forma a promover a produção de gás expandindo a massa, situando-se na ordem dos 35-40°C, já a humidade caso seja insuficiente faz com que a superfície da massa resseque, restringindo a expansão da massa. (S. P. Cauvain, 2016) (Gally et al., 2017)

Durante a fermentação, o metabolismo da levedura, sendo que a mais utilizada pelas indústrias de panificação é a *Saccharomyces cerevisiae*, é responsável pela libertação de dióxido de carbono e etanol, através da degradação dos açúcares hidrolisados, como mostra a seguinte reação, conduzindo a um crescimento das bolhas de ar introduzidas anteriormente na massa, levando a um aumento significativa da mesma. (C. M. Rosell, 2016) (Birch, van den Berg, & Hansen, 2013)



Nesta etapa a endoenzima α -amílase facilita a quebra dos grânulos hidratos de amido para cadeias mais curtas conhecidas como dextrinas, enquanto a exoenzima β -amílase hidrolisa cadeias de glucose ou amido em maltose. Estes açúcares redutores vão ser usados no metabolismo da levedura, verificando-se nesta etapa um decréscimo acentuado destes. O metabolismo da levedura ainda é importante na medida em que é responsável pelo perfil aromático do pão, composto principalmente por álcoois, aldeídos, diacetil, acetoínas e ésteres. (C. M. Rosell, 2016)

A expansão final da massa, bem como a fixação da estrutura final do pão ocorre durante a cozedura. Nesta etapa a temperatura varia consoante o tipo de pão a ser produzido, bem como o tipo de transferência de calor, sendo que por norma, a temperatura do ar do forno ronda os 220-250°C. Uma maneira de aferir que a cozedura foi bem efetuada é medir a temperatura no centro do produto após a sua saída do forno, devendo situar-se entre os 92-96°C. (S. Cauvain, 2012)

Os constituintes da massa e microrganismos nela presente nesta etapa serão afetados pelo diferencial de temperatura. À medida que a temperatura aumenta, a taxa de fermentação aumenta até que se atinja a temperatura de inativação da levedura, rondante dos 45°C. Nesta fase do processo, o metabolismo da levedura é acelerado devido ao aumento da atividade amilolítica por parte da amílase. Até se atingir os 55°C, a atividade da levedura vai decrescendo, sendo que a partir dessa temperatura, a atividade cessa. As enzimas endógenas presentes são inativadas a diferentes

temperaturas, sendo que a α -amílase desnatura a temperaturas na ordem dos 65-95°C, e a β -amílase entre os 57-71°C. (C. M. Rosell, 2016) (S. Cauvain, 2012)

Quando os grânulos de amido são aquecidos a uma temperatura específica na presença de água, estes irão absorvê-la e inchar, perdendo a estrutura cristalina, designando-se por gelatinização do amido. Quando a temperatura de cozedura se situa acima da temperatura de gelatinização do amido, ou seja, cerca de 60°C, ocorrem mudanças irreversíveis. Sumariamente, durante a cozedura ocorre uma redistribuição da água existente na massa, ou seja, a água contida na rede de glúten é excluída, devido à desnaturação e coagulação da mesma, e vai ser importante na gelatinização do amido, sendo absorvida pelos os grânulos. Nesta etapa ocorre ainda a solubilização de hidratos de carbono, principalmente amiloses. Com a Figura 4 é possível perceber-se os conjuntos de temperaturas e acontecimentos que ocorrem aquando a cozedura. (Ai & Jane, 2016) (Gerits, Pareyt, & Delcour, 2015) (C. M. Rosell, 2016)

É ainda na cozedura que os açúcares e os produtos das proteínas resultantes da atividade enzimática ficam disponíveis não só para conferir novos atributos sensoriais ao produto final, como também para participarem nas reações de Maillard (RM), responsáveis pela cor acastanhada da côdea do pão. As RM, ou reações de escurecimento não enzimático, são caracterizadas pelo conjunto de reações que ocorrem em paralelo, originando compostos aromáticos voláteis e melanoidinas. Estas reações são induzidas pelo calor e ocorrem a baixa atividade da água e a uma temperatura rondante dos 115°C, entre os grupos carbonilos dos açúcares redutores e os grupos amino, dando origem, por fim, a compostos com cor. Também durante a cozedura, os compostos com temperaturas de evaporação abaixo dos 100°C volatilizam, como é o caso do etanol e de compostos aromáticos. (C. M. Rosell, 2016) (S. Cauvain, 2012) (Helou, Jacolot, Niquet-Léridon, Gadonna-Widehem, & Tessier, 2016) (Hidalgo & Brandolini, 2014)



Figura 4. Acompanhamento das temperaturas interior do forno (gráfico azul), da superfície do pão (gráfico verde), e no centro do produto (gráfico vermelho), através da utilização de um Datalogger, obtido na Empresa

No final da cozedura, o pão é desmoldado para se proceder ao arrefecimento, pois se ele permanecesse nas formas para esta etapa, o calor proveniente dos moldes iria prolongar a cozedura, resultando num cozimento excessivo da cêdea, levando a uma condensação da humidade que eventualmente se iria depositar na cêdea do pão, tornando-a húmida, subsequentemente originando problemas microbiológicos (desenvolvimento de bolores) e sensoriais, pois as fatias de pão tendem a colar-se com o excesso de humidade. O arrefecimento reverte a direção das transferências de calor sofridas na cozedura, possibilitando o corte em fatias, posterior embalamento e armazenamento. Nesta etapa fatores, como a humidade, temperatura, fluxo do ar e tamanho do pão devem ser tidos em conta para determinar a taxa de arrefecimento, como mostra a Figura 5. (Hidalgo & Brandolini, 2014) (Bock, Wrigley, & Walker, 2016)

Aquando do arrefecimento, as moléculas de amilose e amilopectina interagem entre si de modo a se formar uma rede assegurando a retenção de água, formando um gel capaz de manter a estrutura do pão. (Ai & Jane, 2016)

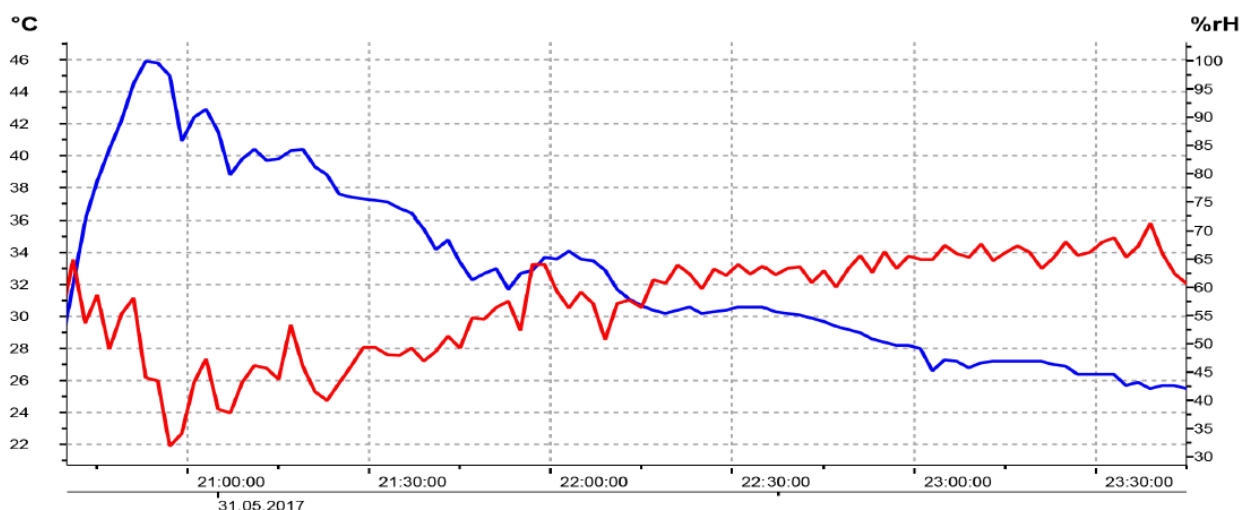


Figura 5. Acompanhamento da temperatura (°C) (gráfico azul) e humidade relativa (%) (gráfico vermelho) na câmara de arrefecimento da Empresa, através da utilização de um Datalogger

Por fim, a embalagem desempenha um papel importante, não só por questões de *marketing*, mas essencialmente para proteger o produto do meio envolvente, influenciando diretamente o seu tempo de vida. O tempo de vida de um produto corresponde a um período onde existe uma perda ligeira de alguns parâmetros determinantes para a qualidade, considerados aceitáveis tanto pelo fabricante como pelo consumidor. (Fellows, 2017) (Licciardello et al., 2017)

1.2. Pastelaria Fresca

A produção de produtos de pastelaria fresca requer operações unitárias mais complexas e algumas matérias-primas base diferentes comparativamente ao processo de fabrico do pão, de forma a dar origem a produtos finais como os travesseiros e das madalenas.

1.2.1. Travesseiros

Para a preparação da massa, neste caso massa folhada, recorre-se à mistura de farinha de trigo com sal, água e gordura. A adição de uma gordura, neste caso a margarina, para o fabrico de pastelaria leva a alterações reológicas que permitem as sucessivas dobras da massa, permitindo assim, uma formação de multicamadas, o que é imprescindível para a qualidade final do produto. Estas multicamadas são conseguidas durante a cozedura, devido à presença de água entre as camadas. Quando ocorre um aumento da temperatura durante a cozedura esta água é convertida em vapor ficando retido graças à gordura. Este fenómeno faz com que haja um aumento da pressão, permitindo que as camadas se separem, como é possível ver pela Figura 6. A escolha da gordura é importante, devendo-se optar por uma que tenha um ponto de fusão elevado, isto porque caso contrário, a gordura derrete-se antes da formação de vapor, sendo absorvida pela massa, tornando o produto final demasiado amolecido. (Figoni, 2008b) (Stanley P. Cauvain, 2017a) (Renzetti, de Harder, & Jurgens, 2016)

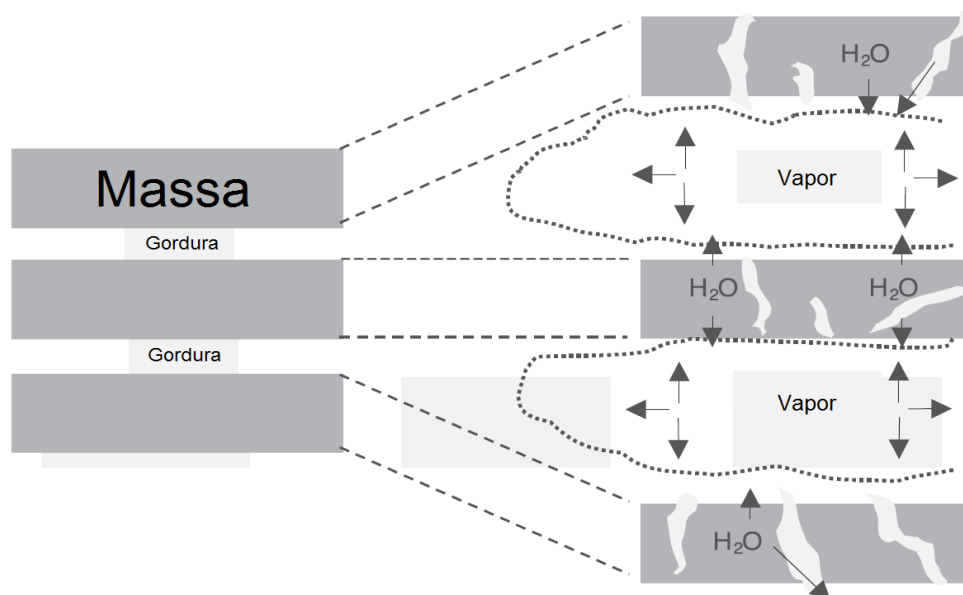


Figura 6. Esquematização da produção de massa folhada usada na fabricação do travesseiro (Stanley P. Cauvain, 2017a) (adaptado)

Além desta diferença relativamente ao fabrico do pão, a escolha da farinha também difere. Na pastelaria é recorrente usar uma farinha de trigo mais refinada. Este tipo de farinha caracteriza-se por apresentar baixa tenacidade e elasticidade, o que significa que durante a cozedura o volume do produto não vai aumentar significativamente, como no caso do pão, e tende a gerar uma rede de glúten mais fraca que facilmente se rompe, conferindo ao produto final um aspeto e textura macio, o que é espetável num produto de pastelaria fresca. (Figoni, 2008c)

Relativamente ao pão, os produtos de pastelaria são muito mais doces e mais calóricos, devido à adição de grandes quantidades de gordura e sacarose. O açúcar adicionado além de interferir no perfil sensorial do produto, atua como agente promotor de volume na batidura e auxilia na retenção de humidade e aprisionamento de gás. (O'Sullivan, 2017)

O uso de sal na produção de pastelaria, para além de conferir características sensoriais, também é responsável pelas propriedades reológicas. Em geral, a adição de sal melhora o trabalho da massa durante a mistura, aumentando a sua tolerância, e reforça a rede de glúten, aumentando a estabilidade e flexibilidade da massa, levando a um melhor aprisionamento de gás aquando a cozedura. Para além disso, o sal diminui a viscosidade da massa, levando a uma diminuição da absorção da água. (Silow, Zannini, Axel, Lynch, & Arendt, 2016)

1.2.2. Madalenas

Dentro da categoria de pastelaria fresca encontram-se também as madalenas, onde o processo de fabrico é bastante semelhante ao processo de fabricação do pão, pois ambos adquirem uma estrutura celular esponjosa. No entanto, a produção difere, pois no caso das madalenas, a ação da rede de glúten é mínima, fazendo com que haja recurso ao uso de agentes estabilizantes, como é o caso do ovo que atua também como emulsionante. (O'Sullivan, 2017) (Bent, Bennion, & Bamford, 2013a)

Sucintamente, na mistura dos ingredientes forma-se uma emulsão estável através da rutura de grandes frações de gordura em frações mais pequenas, através das lipoproteínas presentes no ovo, baixando a pressão entre a interface gordura-água. Como acontece no fabrico do pão, a mistura serve ainda para incorporar ar na massa, o que afeta de forma positiva a textura final do produto. Este ar incorporado nas bolhas através da fermentação é estabilizado graças às proteínas existente no ovo. Devido às propriedades reológicas da farinha, verifica-se a formação mínima de uma rede de

glúten capaz de formar filmes aptos para aprisionar gás em pequenas bolhas de ar. (Ortiz, 2016) (Wilderjans, Luyts, Brijs, & Delcour, 2013)

Durante a cozedura a gordura começa a desnaturar, contribuindo para a estabilização das bolhas de ar na massa que migram para a fase aquosa da emulsão, conferindo um produto húmido e fofo. Com a ação da temperatura, ocorre a gelatinização do amido e coagulação das proteínas provenientes do ovo, ambas afetadas pela humidade e níveis de açúcar presentes, pois os açúcares limitam a água disponível, o que resulta num atraso nestes dois mecanismos de fixação da estrutura final do produto. (Bent, Bennion, & Bamford, 2013b) (Hesso et al., 2015) (Wilderjans et al., 2013)

1.3. História da Empresa

A *Panificio Rivera Costafreda*, que deu origem ao acrónimo PANRICO, teve origem no ano de 1962, em Espanha, fundada pelas famílias Rivera e Costafreda. De modo a expandir o seu volume de negócios, em 1985, a empresa aposta no seu primeiro projeto de internacionalização construindo duas fábricas em Portugal (Mem Martins, Sintra, e mais tarde para Gulpilhares, Vila Nova de Gaia). Para além de presente em Espanha e Portugal, a Panrico expandiu-se ainda no mercado chinês e grego, em 1997 e 2000 respetivamente, sendo mais tarde vendidas de modo a concentrar a produção ao nível da península ibérica. (PANRICO®donuts®, 2013) (Superbrands, 2005)

Inicialmente, o conceito da marca passava pelo fabrico de produtos de pastelaria, como os Donuts, Bollycao e a pastelaria fresca (travesseiros). No entanto, de modo a inovar, a Panrico lança em 1989 o seu primeiro pão de forma embalado, pioneiro no mercado português. Sempre com foco na inovação, em 1991 é introduzido no mercado o pão de forma formulado com cereais integrais, e em 2002 o pão de forma sem cêdea que se revelou ser um produto de grande aceitação pelo mercado português. (Superbrands, 2005)

Para além dos produtos clássicos, a empresa é dotada com um departamento de I&D (Inovação e Desenvolvimento) que aposta na melhoria dos produtos existentes e no desenvolvimento de novos produtos, como é o caso da variada gama de pães de forma e Donuts existentes no mercado, a criação dos Manhãzitos, o lançamento do Bollycao Dokyo, de madalenas e mais recentemente do bolo de arroz. (PANRICO®donuts®, 2013)

Em junho de 2015, o grupo Bimbo adquire a Panrico&Donuts e as duas empresas situadas em Portugal, continuando a fabricar os produtos da marca. Recentemente, em

2016, o Grupo Adam Foods (Figura 8), detentor de mais marcas conhecidas no mercado português, como é o caso das bolachas Cuétara e o patê La Piara, compra ao grupo Bimbo as marcas de pão da Panrico, adquirindo apenas a unidade fabril de Vila Nova de Gaia, passando a mesma a adotar o nome de Nutpor. (Ribeiro, 2016)

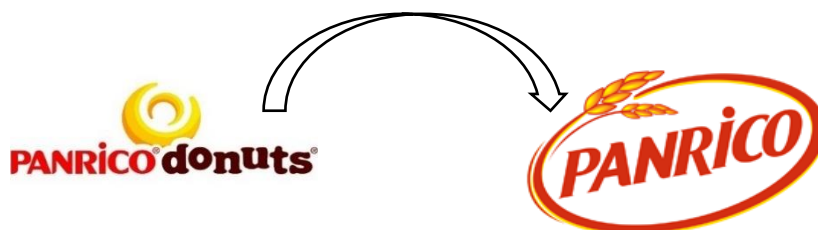


Figura 7. Alteração do logótipo da empresa após a compra pela Adam Foods



Figura 8. Logótipo do Grupo Adam Foods

1.3.1. Unidade Fabril de Gulpilhares

A fábrica de Gulpilhares, ilustrada pela Figura 9, situada no concelho de Vila Nova de Gaia, contava com quatro linhas de produção, duas referentes à panificação, sendo a linha de pão com côdea e a linha do pão sem côdea, e as restantes de pastelaria fresca, como é o caso dos travesseiros de chocolate e travesseiros de chocolate branco, e das madalenas. As operações unitárias do processo de fabrico encontram-se ilustradas pelos fluxogramas representados pelas Figuras 10, 11 12 e 13.

Nestes fluxogramas, a etapa de deteção de metais é considerada um ponto crítico de controlo (PCC), visto que após esta etapa não existe nenhuma capaz de eliminar algum possível perigo. Note-se que no caso do pão a etapa de deteção de metais é anterior ao embalamento, isto deve-se ao facto de o material de embalagem ser composto por um atilho de metal, responsável pelo fecho da bolsa do pão.

A VARPE é um *software* de controlo de peso calibrado capaz de rejeitar todas as massas boleadas que não obedeçam aos pesos especificados para cada formato de pão. No fluxograma de fabrico dos travesseiros, as etapas de alisamento e dobra da massa repetem-se algumas vezes de forma a criar as multicamadas necessárias ao fabrico deste produto de pastelaria.

Entretanto devido à compra por parte da Bimbo de toda a pastelaria e padaria doce da Panrico, a empresa de Gulpilhares conta agora com apenas as duas linhas de produção de pão, com e sem còdea.



Figura 9. Unidade Fabril Nutpor em Gulpilhares

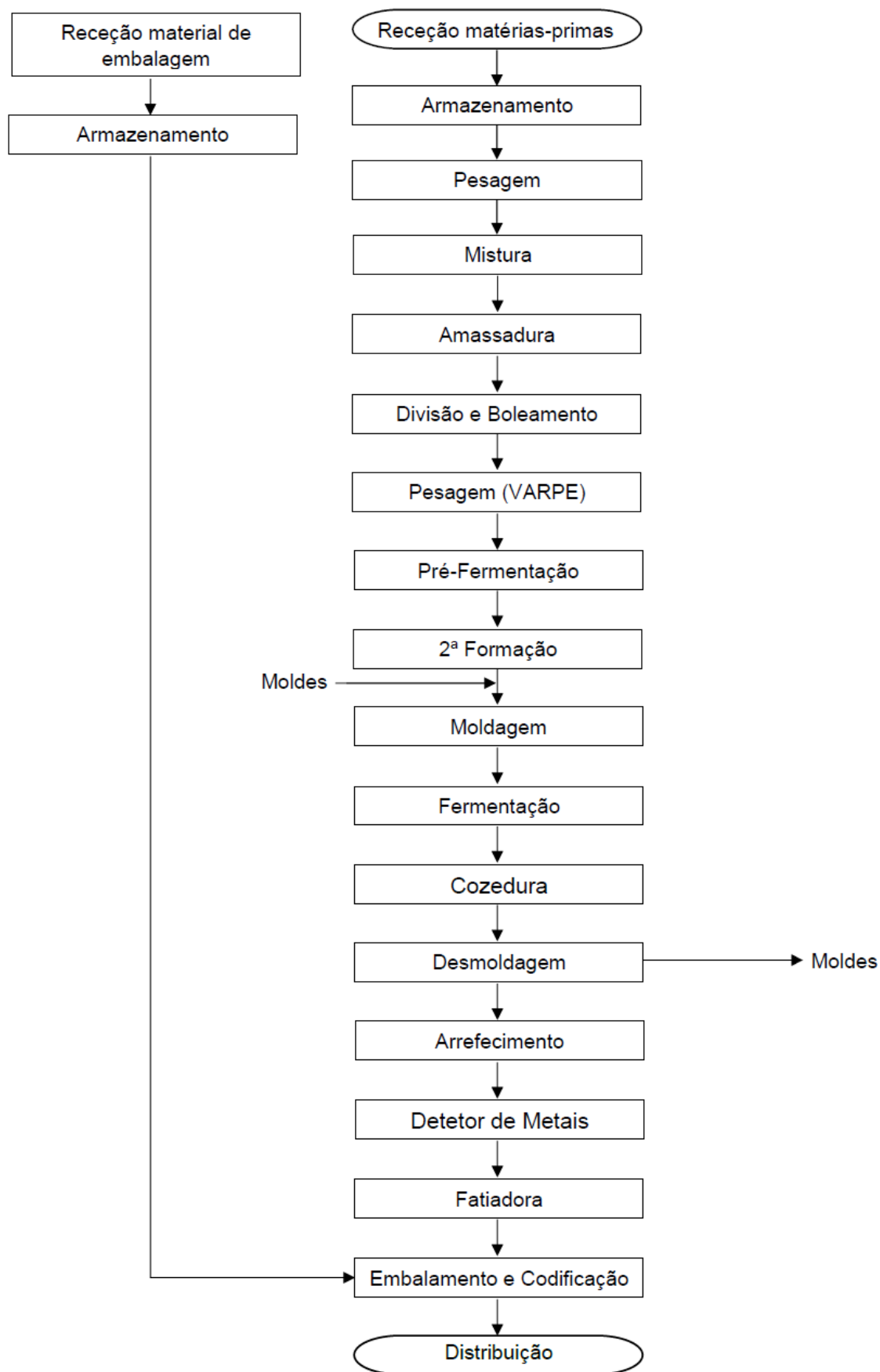


Figura 10. Fluxograma de fabrico do pão com côdea

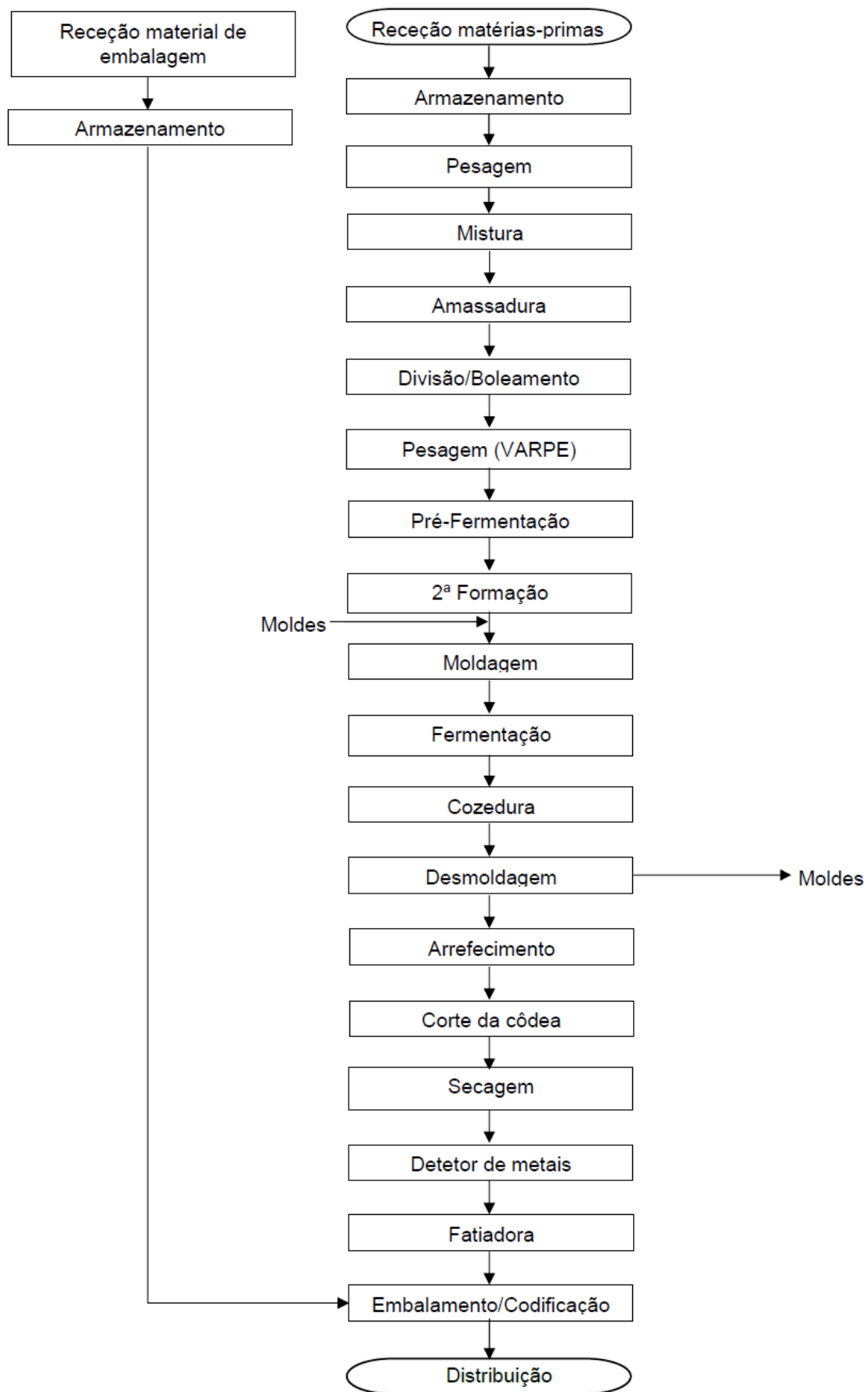


Figura 11. Fluxograma de fabrico do pão sem côdea

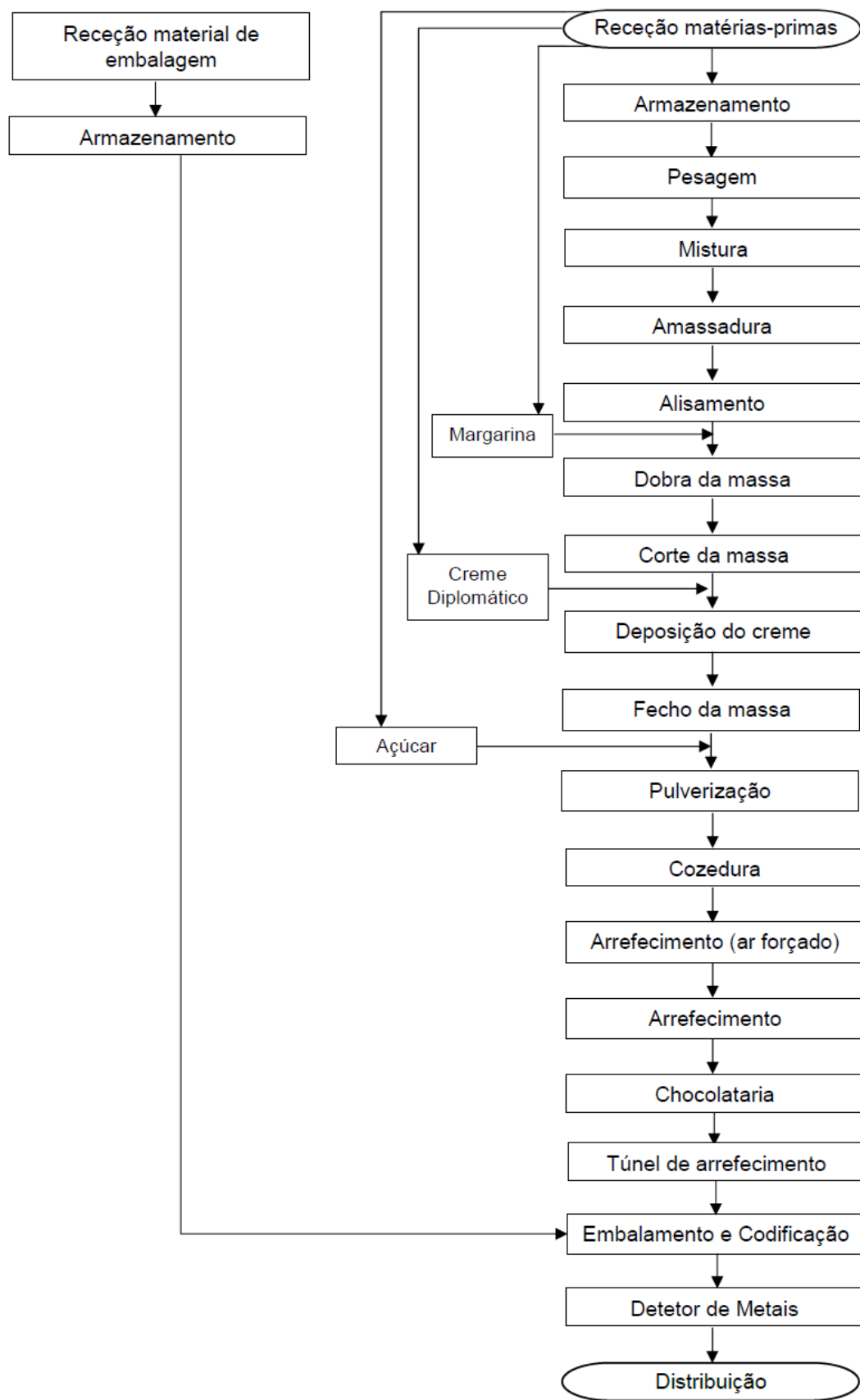


Figura 12. Fluxograma de fabrico de travesseiros de chocolate

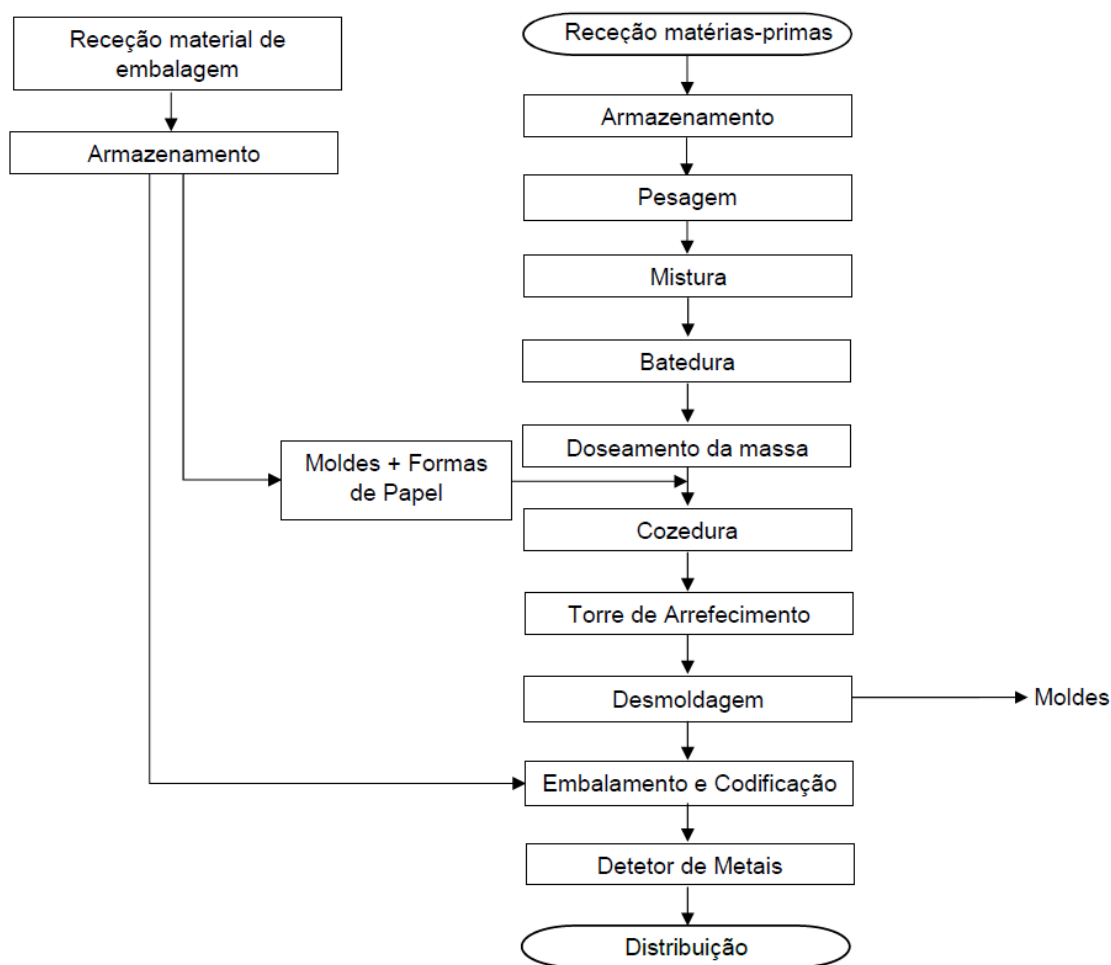


Figura 13. Fluxograma de fabrico de madalenas

1.4. Objetivos

Este estágio curricular abordou uma aprendizagem de forma generalizada de todas as operações unitárias envolvidas nos processos produtivos de pão e pastelaria, focalizando-se mais em toda a parte laboratorial aliada à qualidade. Desse modo, o plano de estágio consistiu nas seguintes tarefas:

- Controlo da inspeção/análise físico-química das matérias-primas à sua chegada;
- Controlo da inspeção dos materiais de embalagem;
- Controlo da qualidade do produto acabado: controlo físico-químico e metrologia dimensional;
- Análises físico-químicas às águas de consumo, bem como às águas provenientes da estação de tratamento de águas residuais (ETAR);

2. Análises às Matérias-primas

Diariamente, a Panrico recebe diversas matérias-primas indispensáveis à produção, quer para as linhas de fabrico de pão, como as de fabrico da pastelaria, sendo armazenadas ou em armazém, silos ou câmaras de refrigeração tendo em conta a natureza da matéria-prima. De maneira geral, pode-se dividir as matérias-primas em recebidas a granel e recebidas embaladas.

2.1. Matérias-Primas a granel

As matérias-primas recebidas a granel são aquelas que necessitam de uma inspeção e, dependendo da matéria, de um conjunto de análises laboratoriais, antes e/ou após a sua descarga. De acordo com as Tabelas 3 e 4 torna-se mais esquemática a explicação das diferentes análises efetuadas às diferentes matérias-primas recebidas a granel.

Tabela 3. Controlo das Matérias-Primas recebidas a Granel e suas respetivas análises antes da descarga

Matéria-Prima	Documentos de acompanhamento	Análises efetuadas antes da descarga
Farinha	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Humidade relativa (Halogéneo) Temperatura Alveograma
Óleo vegetal/Girassol	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Índice de peróxidos Índice de acidez
Ovo Líquido	Registo termográfico Boletim de análise	Temperatura Grau <i>Brix</i> pH Humidade relativa (Halogénio)

Tabela 4. Controlo das Matérias-Primas recebidas a Granel e suas respetivas análises antes e após a descarga

Matéria-Prima	Documentos de acompanhamento	Análises efetuadas	
		Antes da descarga	Após a descarga
Açúcar	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Temperatura	Humidade relativa (Infravermelhos)
Levedura Líquida	Certificado de limpeza da cisterna Boletim de análise Selo da cisterna	Temperatura Humidade relativa (Infravermelhos) Matéria seca Densidade pH	Reofermentograma
Levedura Prensada	Registo termográfico Boletim de análise	Temperatura	Reofermentograma

A maioria dos graneis são transportados em cisternas, e, por isso, é fulcral a existência de um documento que comprove que as mesmas foram devidamente higienizadas e desinfetadas. Estes documentos devem ainda fazer referência a matérias-primas anteriormente transportadas, de forma a evitar a contaminação cruzada de alérgenos nas linhas de produção.

2.1.1. Humidade Relativa

A condução da análise ao conteúdo em humidade de um produto alimentar é indispensável, possibilitando a aferição da sua qualidade. A humidade é medida, em geral, pela perda de peso sofrida pelo produto quando este é submetido a uma elevada temperatura constante.

Para a determinar o teor em humidade, existem dois equipamentos capazes de fornecer dados rápidos e concisos: um analisador de halogénio e outro por infravermelhos (IV).

O equipamento de halogénio, *Moisture Analyzer Mettler Toledo HR83*, opera sob o princípio da termogravimetria, ou seja, no início da análise o equipamento pesa a quantidade de toma a ser analisada. De seguida, a amostra é submetida a um rápido aquecimento pelo módulo de halogénio, fazendo com que a humidade evapore. Durante o processo de evaporação, o equipamento faz medições sucessivas das alterações do

peso da toma, exprimindo o teor em humidade da amostra. A partir do momento em que o peso da amostra se torna constante (o que significa que toda a humidade presente no produto evaporou), o equipamento expressa o valor de humidade real e final.

A determinação do teor em humidade no aparelho de IV funciona através da penetração de radiação IV sobre a amostra em análise, possibilitando a secagem da amostra.

2.1.1.1. Procedimento experimental

Cada matéria-prima analisada nestes equipamentos apresenta um diferente método, onde o binómio temperatura-tempo e a quantidade de amostra pesada variam.

2.1.2. Alveograma

Para determinar as propriedades reológicas da farinha, como a qualidade do glúten, é realizado um alveograma. Através do alveógrafo de Chopin, representado pela Figura 14, é possível determinar os valores de W (trabalho), P (tenacidade) e L (extensibilidade), ilustrados pela Figura 15. Estes valores são importantes de modo a avaliar o comportamento que a farinha irá ter em situação industrial.



Figura 14. Alveógrafo de Chopin

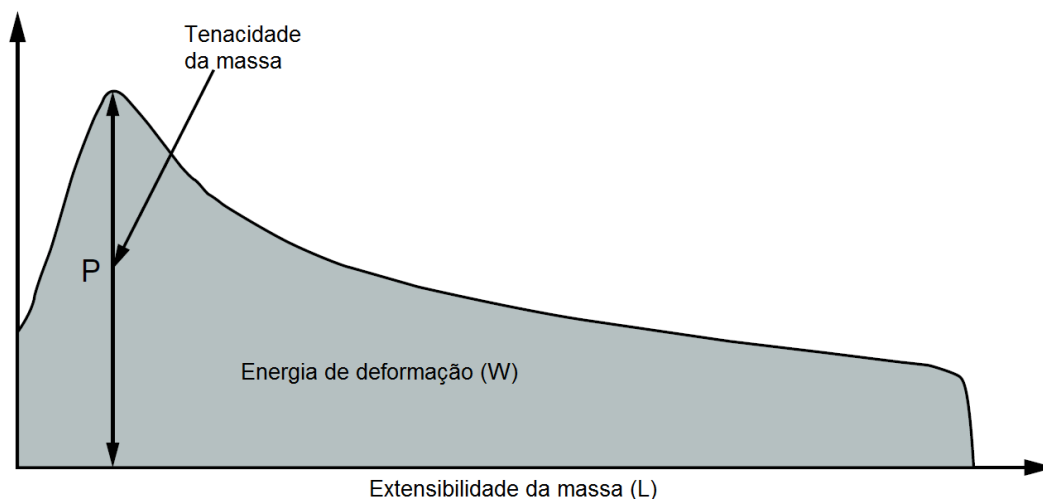


Figura 15. Exemplificação de um alveograma (Tömösközi & Békés, 2016) (adaptado)

O valor de W diz respeito à força exercida sobre a massa desde a sua expansão até à sua rutura (10^{-4}J). O valor de P mede a pressão máxima à medida que a massa é insuflada (mm). Já o valor de L corresponde ao crescimento máximo da massa quando insuflada, antes da rutura (mm). Estes valores variam consoante o tipo de força da farinha. (Belderok, Mesdag, & Donner, 2013) (Figoni, 2008a)

2.1.2.1. Procedimento experimental

Para a condução desta análise é necessário precedentemente determinar o teor em humidade da farinha no equipamento de halogénio, bem como medir a temperatura de receção da farinha. Caso não se encontre a uma temperatura rondante dos 20°C é necessário proceder ao seu arrefecimento/aquecimento na amassadeira do alveógrafo.

Esta análise deve ser cronometrada, bem como assegurado um intervalo de temperaturas rigoroso de forma a não falsear os resultados. Para iniciar a análise é necessário colocar a farinha na amassadeira do alveograma, à qual se adiciona um volume de uma solução salina de cloreto de sódio a 2,5%. Este volume é dado pela análise ao teor em humidade da farinha. Quando a farinha atinge uma temperatura de cerca de 20°C , adiciona-se a solução de NaCl 2,5% à farinha e dá-se início à cronometragem.

Ao primeiro minuto é necessário proceder à abertura da amassadeira e auxiliar o processo de homogeneização para que toda a farinha consiga ser hidratada pela solução salina. Esta operação deve durar no máximo um minuto.

A extração da massa é feita ao oitavo minuto. Para isto, inverte-se o sentido de rotação do braço da amassadeira. Nesta etapa são retiradas seis porções de massa,

descartando-se a primeira. As porções subsequentes são alisadas e cortadas em forma circular e colocadas numa câmara de repouso a uma temperatura controlada de $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

Atingindo-se os vinte e oito minutos é necessário proceder à insuflação das porções. Desta operação resultam cinco gráficos, de onde se escolheram as três das cinco melhores curvas criadas pelo software *AlveoLink*, como mostra a Figura 16, obtendo-se os valores médios para os parâmetros de P, L e W. Tendo em conta as especificações postuladas pela empresa, concluiu-se que, neste caso, esta farinha se encontrava conforme para a produção, e após a verificação do certificado de limpeza, deu-se autorização para a sua descarga, acondicionando-a em silos.

PANRICO SA RUA NORTON DE MATOS 797 GULPILHARES 4405 671 V.N. GAIA 22 730 0530			
DATA: 02/02/2017 HORA: 17:15		REFERENCIA AMOSTRA : 030358 NOME DO FICHEIRO : 02020701A117	
PARAMETROS TEMP.LABO: 20.0 °C HIGRO.LABO.: FARINHA : MOINHO : HUMIDADE : 14.05 % PROTEINAS: IND.QUEDA: AMIDO DAN: ABSORCAO : ZELENY : EXTRACAO : CINZAS : GLUTEN :		RESULTADOS P = 108 mmH2O L = 103 mm G = 22.6 W = 337 10E-4J P/L = 1.05 Ie = 53.0 % W(0) = 0 10E-4J	
COMENTARIOS CLAUDIA SILO 1		V:d2.8A +5.9	

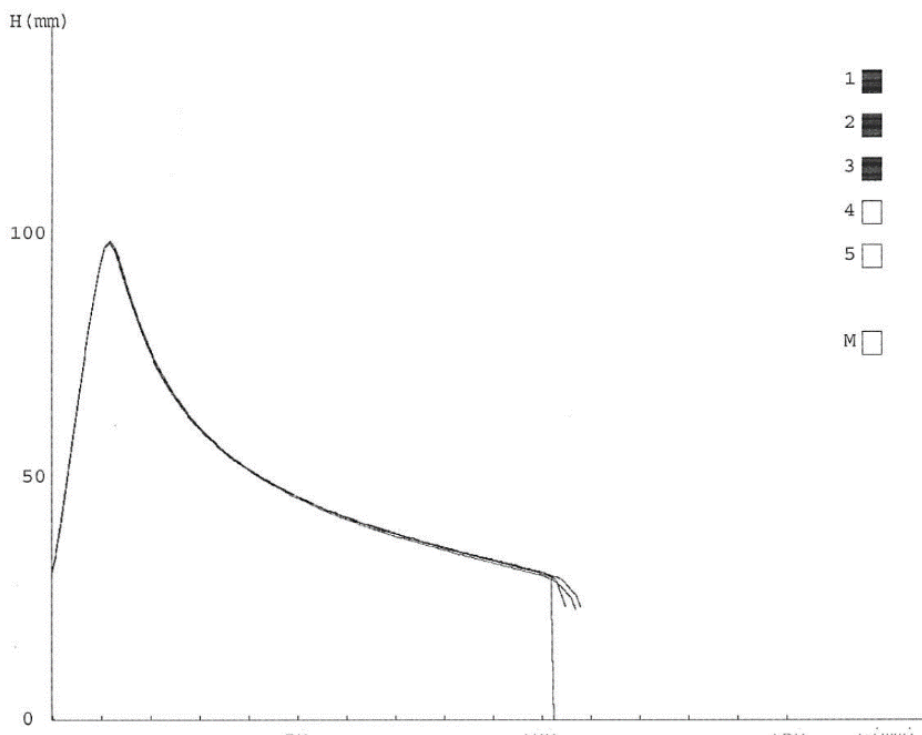


Figura 16. Exemplo de um alveograma relativo à farinha, recebida no dia 2 de fevereiro de 2017

2.1.3. pH

O pH de uma solução é dado pela concentração molar de iões H^+ presentes nessa solução, quantificando o grau de acidez da mesma. A medição do pH em situação laboratorial é feita com recurso a um *pH Meter Metrohm* que utiliza um eléctrodo, ligado a um potenciómetro, onde se mergulha o eléctrodo na solução a analisar, espera-se até estabilizar e o potenciómetro fornece-nos o valor de pH.

2.1.3.1. Procedimento experimental

De modo a fazer a medição do pH das matérias-primas é necessário começar o procedimento com uma calibração do aparelho, onde se utilizam duas soluções tampão com pH de 4,0 e 7,0. Após a calibração, basta colocar o eléctrodo em contacto com a amostra, esperando que o valor estabilize de modo a obter o valor real de pH.

2.1.4. Densidade

Sabe-se que a densidade de um produto é a relação entre a sua massa e o seu volume, e como tal, esta análise tem um grande impacto na avaliação da qualidade de uma matéria-prima.

2.1.4.1. Procedimento experimental

Visto que a densidade só é conduzida à levedura líquida, a análise passa pela pesagem da amostra de levedura num balão volumétrico de 100mL, apresentando o valor da análise em g/cm^3 .

2.1.5. Reofermentograma

De modo a controlar a qualidade da farinha, no que diz respeito à formação da rede de glúten, bem como avaliar a performance e potencial fermentativo da levedura é feita uma análise reológica denominada por reofermentograma. (Hajšelová & Alldrick, 2003)

Esta análise é conduzida no reofermentometro *Rheo F4 Chopin* (Figura 17), que simula a etapa de fermentação na fabricação de pão em situação laboratorial, medindo o desenvolvimento da massa, a produção e a taxa de aprisionamento de gás. (Tömösközi & Békés, 2016)

Visto que esta análise consiste numa simulação da etapa fermentativa do pão, o parâmetro temperatura deve ser bem definido de forma a não falsear os resultados, sendo que a cuba de fermentação deve-se encontrar a 28,5°C.



Figura 17. Reofermentografo Rheo F4 Chopin

2.1.5.1. Procedimento experimental

De forma a dar arranque ao reofermentograma, deve ser elaborada uma massa com farinha, propionato de cálcio, dextrose, sal, água e levedura. A ordem de adição destes componentes é importante, devendo ser primeiramente acrescentados os secos, com a exceção do sal, que deverá ser introduzido após o acréscimo da água com a levedura, de forma a não inibir a sua atividade fermentativa. Devem ser adicionados todos estes compostos de forma a serem representativos da situação industrial, sendo que o propionato de cálcio atua como um conservante, a dextrose como um catalisador das reações de fermentação e impulsor das reações de Maillard. Esta mistura deve ser feita a uma temperatura controlada, similar à temperatura na etapa de mistura.

Durante o ensaio fermentativo, o aparelho constrói dois gráficos relativos ao desenvolvimento panar, avaliando o desenvolvimento da massa e correlacionando o volume da mesma com a estabilidade relativa da massa, e à produção gasosa, determinando o volume e velocidade de CO₂ produzido, a retenção de gás, bem como o tempo de aparecimento de porosidades na massa, apresentados pela Figura 18.

RHEO F4 CHOPIN

Panrico S.A.
Rua Norton de Matos 797
Gulpilhares
4405-671 Vila Nova de Gaia
Tel: 227 300 530 Fax:227 531 196
panrico@panrico.pt

Comentários:

Protocolo: LEVEDURA RÁPIDA

Temperatura : 28,5 °C

Tempo : 90 mn (1,5 h)

Peso da massa : 315 g

Temperatura do tanque fora da tolerância

Versões: GestionRheo V1.02 / RF4_CPU V1.00.o / RF4 N°74 / GLP-PC-LABOR2 / PANRICOPT\SDLima

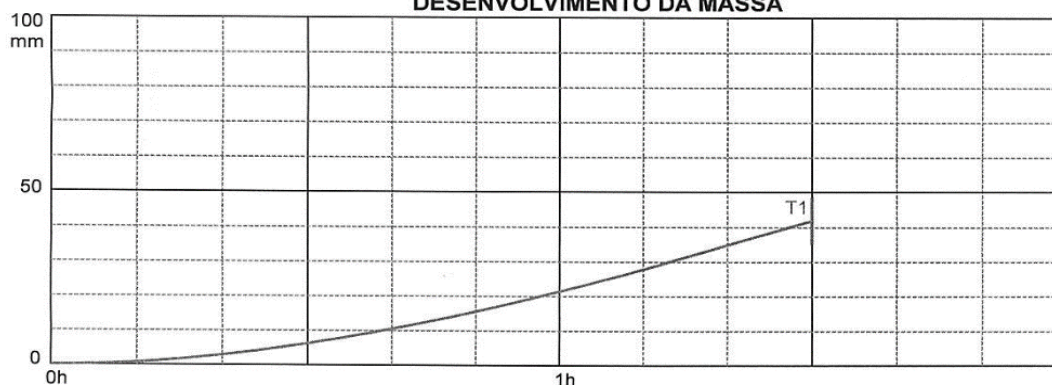
Desenvolvimento da massa

Hm : 41,8 mm
h : 41,8 mm
(Hm-h)/Hm : 0,0 %
T1 : 01:30:00
T2 : --:--:--
T'2 : --:--:--
T2-T'2 : --:--:--

Gas libertado

H'm : 67,0 mm
T'1 : 01:30:00
Tx : --:--:--
Volume total: 569 ml
Volume de CO2 perdido: 0 ml
Volume Retido: 569 ml
Coeficiente de retenção 100,0 %

DESENVOLVIMENTO DA MASSA



GAS LIBERTADO

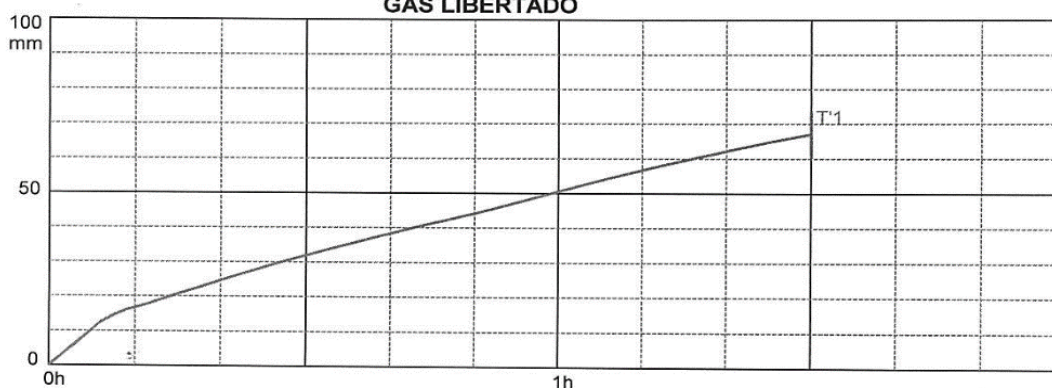
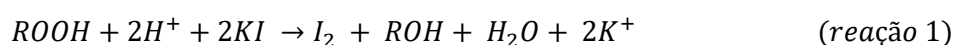


Figura 18. Reofermentograma relativo à Levedura líquida recebida a 31 de janeiro de 2017

2.1.6. Índice de peróxidos

A partir do índice de peróxidos é possível aferir o estado de oxidação de um óleo, neste caso o de girassol. A suscetibilidade de um óleo à oxidação varia consoante o número de ligações duplas presentes, sendo que os ácidos gordos insaturados tornam o óleo vulnerável às reações de oxidação. A formação de peróxidos deve-se a reações de auto oxidação que removem os átomos de hidrogénio adjacentes aos carbonos de dupla ligação. Estes carbonos subsequentemente reagem com o oxigénio presente formando radicais de peróxilo que removem os restantes hidrogénios das remanescentes ligações duplas formando assim hidroperóxidos. (Sikorski & Kolakowska, 2010)

O índice de peróxidos é a quantificação dos hidroperóxidos, determinado pelo método de iodometria. Este princípio baseia-se na redução do grupo hidroperóxilo pelo iodeto graças à adição de iodeto de potássio, possibilitando a libertação de iodo proporcional à concentração de peróxidos disponíveis, como mostra a seguinte reação 1. De seguida, este iodo livre é titulado com uma solução padronizada de tiosulfato de sódio, na presença de um indicador de cozimento de amido (reação 2). (Akoh & Min, 2008)



2.1.6.1. Procedimento experimental

A realização desta análise tem por base a Norma Portuguesa (NP) 904/1987, na qual se pesa 5g de amostra para um Erlenmeyer, à qual se adiciona 10mL de clorofórmio, 15mL de ácido acético e 1mL de solução saturada de iodeto de potássio feita na hora, devido à sua suscetibilidade oxidativa. Deve-se agitar o Erlenmeyer cerca de um minuto e guardá-lo ao abrigo da luz durante 5 minutos. Após isto, adiciona-se 75mL de água destilada e aproximadamente 5 gotas de cozimento de amido, obtendo-se um roxo escuro. Titula-se com o tiosulfato de sódio a 0,01M até se obter uma cor esbranquiçada-transparente.

Este índice é expresso em miliequivalentes de oxigénio por quilograma de amostra, sendo que a fórmula para o cálculo do índice é a seguinte. ("NP 904/1987," 1987)

$$IP(\text{meq } O_2/\text{kg amostra}) = \frac{V \times 1000 \times [Na_2S_2O_3]}{\text{massa da amostra}}$$

2.1.7. Índice de acidez

O índice de acidez é uma análise de grande importância nas indústrias alimentares pois permite uma primeira caracterização da qualidade de um óleo. Este valor é dado pelo número de miligramas de hidróxido de sódio necessários para neutralizar os ácidos gordos livres presentes num grama de amostra. (H. D. Belitz, Burghagen, Grosch, & Schieberle, 2004)

2.1.7.1. Procedimento experimental

A realização desta análise assenta no método titrimétrico, tendo como fundamentos a NP 903:1987, onde é necessário adicionar a 5g de amostra, 100mL de solução de éter/etanol (1:1) e três gotas de fenolftaleína, que posteriormente se titula com uma solução de NaOH 0,1M até se obter uma coloração rosa ténue.

O índice de acidez é expresso em miligramas de hidróxido de sódio por grama de amostra, sendo que a fórmula de cálculo é a seguinte. ("NP 903/1987," 1987)

$$\text{Índice de Acidez (mg NaOH/g amostra)} = \frac{V \times [\text{NaOH}] \times \text{MM}(\text{ácido gordo})}{\text{massa da amostra}}$$

2.1.8. Graus Brix

Esta análise mede o índice de refração, através de uma escala numérica, quantificando assim o conteúdo de açúcares solúveis presentes numa dada solução, sendo que um grau *Brix* corresponde a um grama de sacarose em cem gramas de solução.

2.1.8.1. Procedimento experimental

Para realizar esta análise coloca-se uma a duas gotas da toma (que neste caso corresponde ao ovo líquido, visto que esta análise é exclusiva para esta matéria-prima) no prisma do refratómetro manual, fechando a tampa, e inclinando o aparelho diretamente para uma fonte luminosa de modo a facilitar a leitura da escala numérica. O valor lido corresponde à percentagem de açúcares presentes.

2.2. Matérias-Primas Embaladas

Quando estas são rececionadas, ficam acondicionadas no armazém até que sejam necessárias nas linhas de produção. No entanto, só podem ser usadas após inspeção. Esta inspeção passa pela recolha de uma pequena porção da matéria-prima para um recipiente apropriado, onde posteriormente são efetuadas diversas análises, consoante a matéria-prima. Contudo, algumas matérias-primas necessitam de uma análise microbiológica, como é o caso da sêmea e farinha integral, sendo que, a recolha da amostra é feita com o auxílio de uma chama proporcionando um ambiente estéril.

As análises mais frequentemente efetuadas, para além das análises microbiológicas, são a quantificação do teor em cinzas, a viscosidade e ácido ascórbico.

Quando os resultados das análises são conhecidos, são atribuídas às matérias primas etiquetas com cores de modo a inserir ou não as mesmas para a linha de produção.

3. Análises ao Material de Embalagem

Tal como as matérias-primas necessitam de análises, o material de embalagem também exige ser inspecionado. Dentro do material de embalagem distinguem-se as bolsas de plástico para o pão, e películas, formas e blisters para a pastelaria.

As bolsas são submetidas a:

- Medições, sendo estas: o comprimento, largura, solapa, fundo, incisão, bordo, diâmetro dos furos, distância entre bordo e incisão e distância entre incisões;
- Teste de tintas, através da fricção da embalagem, de forma a avaliar a capacidade de fixação da própria na embalagem;
- Verificação *standard*, que consiste na comparação das informações prestadas ao consumidor impressas numa embalagem padrão com as impressas nas embalagens em análise;
- Verificação do código EAN (European Article Number), ou código de barras, no qual se procede a uma leitura do mesmo para verificar se este se encontra dentro do especificado;
- Gramagem, pesagem de uma secção da embalagem, de forma a extrapolar a sua massa por metro quadrado;
- Espessura, com o auxílio de um micrómetro digital.

As inspeções das películas são similares às das bolsas, no entanto os parâmetros das medições diferem: são medidas a largura, dimensão da fotocélula e distância entre as mesmas.

4. Análises ao Produto Final

De modo a averiguar se o produto final obedece às especificações implementadas é necessário proceder a um controlo da qualidade, onde são efetuadas análises métricas de altura, largura e espessura. Para além destas medições são efetuadas análises de medição da humidade por infravermelhos, bem como a atividade da água (a_w).

Para a determinação do teor em humidade o produto é triturado de forma a obter uma amostra uniforme. Através deste preparado pesa-se aproximadamente 3,5g e opera-se o medidor de humidade, com um binómio de tempo-temperatura de 8 minutos-115°C.

A medição da a_w é baseia-se na quantificação da capacitância, no aparelho *LabMaster aw*. Este consiste num higrómetro composto por duas placas separadas por uma membrana dielétrica, que à medida que esta absorve a água, a sua habilidade para reter carga elétrica aumenta e a capacitância é medida, sendo esta aproximadamente proporcional ao valor de a_w . Para tal, coloca-se uma pequena porção da toma numa cápsula permitindo ao aparelho medir o valor de a_w . (Roudaut & Debeaufort, 2010) De modo a garantir que o produto final vai de encontro ao que o consumidor espera, o mesmo é submetido a uma análise de perfil de textura (TPA). Através desta análise é possível obter várias curvas que correspondem ao comportamento que a matriz alimentar sofre quando submetida a uma força de compressão, a partir do qual são calculados diversos atributos sensoriais, entre os quais, a dureza, adesividade, resiliência, entre outros. No entanto, o atributo sensorial com mais destaque para a avaliar do produto final é a dureza, que se caracteriza como o pico de força de compressão máxima exercida sobre o produto. (Young, 2012)

De forma a dar início ao TPA, numa primeira etapa deve-se proceder à definição dos parâmetros de atuação do texturómetro. Deve-se proceder à calibração do texturómetro e à escolha da sonda. Finalizada a calibração, coloca-se o produto acabado centrado na base do texturómetro e procede-se ao início do teste. A dureza é então conseguida através da aplicação de uma força pela sonda, e é calculada através do pico positivo máximo do gráfico. Os resultados obtidos são então comparados com as especificações verificando se estes se encontram ou não no intervalo estabelecido.

5. Análises às águas de consumo e ETAR

As análises às águas de consumo são efetuadas diariamente como forma de monitorização, uma vez que a mesma é introduzida de forma direta na produção. São recolhidas amostras em quatro diferentes pontos de amostragem ao longo da linha da estação de tratamento de águas (ETA), quantificando-se o seu teor em cloro, bem como a análise ao pH. A quantificação do cloro é feita no equipamento *MQ200 Lovibond*, com base na técnica de espectrofotometria. O teor de cloro deve encontrar-se dentro de um intervalo de valores definido, que segundo o Decreto-Lei N°306/2007 este situar-se-á entre os 0,2-0,6 mg/L de cloro livre, servindo como prova de que a desinfecção das águas foi conseguida com sucesso, de forma a não contaminar o produto final, tornando-o seguro para consumo. O pH também deve encontra-se dentro de um intervalo definido, sendo este de 6,5-9,0 unidade de pH, segundo o Decreto-Lei N°306/2007, no entanto, de forma a não interferir com o pH ótimo de atuação da levedura, que ronda os 5,0-6,0, devem ser adicionados corretores de acidez de forma a obter este último intervalo de valores. ("Decreto-Lei n.º 306/2007," 2007)

Quanto às análises das águas residuais, o laboratório recebe diariamente três amostras colhidas à entrada do coletor, à saída e à saída do coletor, onde são feitas as análises de pH e carência química de oxigénio (CQO). O CQO mede o consumo total de agentes oxidantes, como o dicromato, expresso em oxigénio, necessário para oxidar toda a matéria orgânica, através de fortes agentes oxidantes, como o dicromato. Esta análise é realizada em duas etapas, como mostra a Figura 19, onde na primeira etapa se faz a digestão/oxidação da amostra com o agente oxidante, ou seja, medem-se 2µL de amostra para um tubo já com a solução oxidante previamente medida, tampa-se e agita-se para potenciar a oxidação. Este tubo é então inserido num aquecedor de tubos a 150°C durante 2 horas. A segunda etapa passa pela quantificação de oxidante consumido por espectrofotometria. (Ma, 2017)

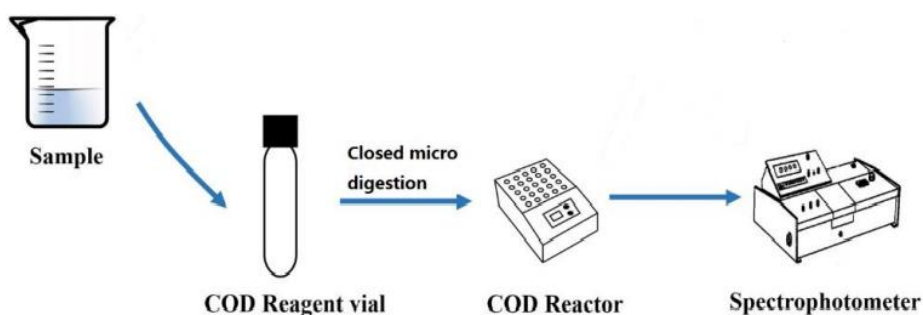


Figura 19. Esquematização da determinação do CQO (Ma, 2017) (adaptado)

6. Controlo Ambiente

Quinzenalmente é necessário proceder ao controlo da qualidade do ar de modo a aferir a qualidade do ambiente dentro da fábrica e assegurar que o mesmo não irá influenciar negativamente a qualidade do produto. Por isso mesmo, com a ajuda de um sistema de recolha de amostras de ar, o *MAS-100 air sample*, são definidos vários pontos de amostragem ao longo da fábrica, preferenciando as zonas de armazenamento de produto acabado, bem como áreas onde o produto se encontra exposto ao ar ambiente, como é o caso das câmaras de arrefecimento e as zonas de embalagem. Neste aparelho são colocadas placas de Petri, contendo meios definidos para a quantificação de microrganismos totais e de bolores e leveduras, e após a definição das condições de funcionamento, o mesmo vai aspirar um certo volume de ar para as mesmas placas. Após a incubação destas, procede-se à contabilização de microrganismos apresentando o resultado em unidades formadoras de colónias por metro cúbico (UFC/m³).

De modo a não falsear resultados, deve-se proceder a uma breve desinfeção com álcool etílico do equipamento sempre que se muda a zona de recolha de ar.

7.Caso de Estudo: Acompanhamento das características de diferentes pães de forma ao longo do tempo de vida

7.1. Definição do Projeto

O pão é uma importante fonte de energia e nutrientes, no entanto apresenta uma matriz instável que se deteriora facilmente ao longo do tempo através de um fenómeno designado por *staling*, responsável por mudanças físico-químicas durante o armazenamento, levando à perda de frescura e de importantes parâmetros sensoriais, como a textura e sabor, que condicionam o prazo de validade do pão. (Amigo, del Olmo Alvarez, Engelsen, Lundkvist, & Engelsen, 2016) (Fadda, Sanguinetti, Del Caro, Collar, & Piga, 2014)

Entende-se por prazo de validade o tempo no qual o produto se mantém seguro para o seu consumo, mantendo ainda os parâmetros nutricionais, sensoriais e microbiológicos quando armazenados nas condições descritas na embalagem. Por esta razão é importante estabelecer um prazo de validade preciso. (Giménez, Ares, & Ares, 2012)

Assim sendo, este estudo permitiu observar o comportamento de dois pães diferentes de forma sem cêdea, um formulado com farinha de trigo refinada (grupo A), e outro formulado com farinha de trigo integral T150 (grupo B), até ao fim de validade mais dois dias, analisando-se a sua dureza, teor em humidade e atividade da água. Estas análises foram realizadas para os mesmos dias de vida (DDV). Ambos os grupos possuíam 20 dias de validade e foram realizados 12 ensaios para o grupo A e 9 para o grupo B.

7.2. Materiais e Métodos

7.2.1. Amostragem

Todas as amostras utilizadas neste estudo foram recolhidas na zona de embalagem da linha do pão sem cêdea. Todas as amostras foram armazenadas numa sala à temperatura ambiente, respeitando as regras de armazenamento presentes na embalagem, de forma a não falsear os resultados. Para o grupo A existem três diferentes pães no que toca ao formato, por essa razão existem gráficos de textura com 9, 11 e 12 curvas. As análises foram agendadas para se fazerem sempre a DDV 0, 1,

2, 4, 6, 9, 12, 14, 16, 18, 19, 20 (fim da validade), 21, 22, correspondente aos dias passados desde a produção até à data da análise.

A formulação dos pães brancos e dos pães integrais foi sempre a mesma ao longo deste estudo, originando pães com características nutricionais diferentes, encontrando-se representada pelas Figuras 20 e 21.

INGREDIENTES:
 Farinha de **trigo**, água, levedura, óleo vegetal (girassol), açúcar, sal, emulsionantes (E 471 (**trigo**), E 481 (**trigo**)), conservantes (E 282, E 200), estabilizador (goma guar (**trigo**)), aroma, agente de tratamento da farinha (ácido ascórbico (**trigo**)).
 Pode conter **leite**.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL MÉDIA	POR 100 g	POR 22,5 g (≈1 FATIA)
ENERGIA	1002 kJ / 237 kcal	227 kJ / 54 kcal
LÍPIDOS	2,9 g	0,7 g
dos quais saturados	0,6 g	0,1 g
HIDRATOS DE CARBONO	43 g	9,7 g
dos quais açúcares	3,3 g	0,7 g
FIBRA	3,0 g	0,7 g
PROTEÍNAS	8,2 g	1,8 g
SAL	1,0 g	0,23 g

Figura 20. Lista de ingredientes e características nutricionais dos pães do grupo A

INGREDIENTES:
 Farinha de **trigo** tipo 150, água, levedura, óleo vegetal de girassol, açúcar, sal, glúten de **trigo**, conservantes (E 282, E 200), emulsionantes (E 471, E 472e, E 481), aroma, estabilizador (E 412). Pode conter **leite**.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL MÉDIA	POR 100 g	POR 22,5g (≈1 fatia)
ENERGIA	957 kJ / 227 kcal	215 kJ / 51 kcal
LÍPIDOS	3,1 g	0,7 g
dos quais saturados	0,7 g	0,2 g
HIDRATOS DE CARBONO	37 g	8,3 g
dos quais açúcares	3,3 g	0,7 g
FIBRA	6,5 g	1,5 g
PROTEÍNAS	9,5 g	2,1 g
SAL	0,96 g	0,22 g

Figura 21. Lista de ingredientes e características nutricionais dos pães do grupo B

7.2.2. Textura

O perfil de análise textural (TPA) foi realizado num texturómetro *TA.XT Plus Texture Analyser* (*Stable Micro Systems*), conectado ao *software Texture Exponent 32*. Inicialmente, calibrou-se a força e altura a que a sonda do texturómetro iria atuar, sendo colocado um peso de 5kg sobre a célula de carga para calibrar a força. Após estas calibrações, definiu-se critérios mais específicos para a realização do TPA, de acordo com o método AACC 74-09 (*American Association for Clinical Chemistry*), com algumas ligeiras alterações na velocidade do teste, 3mm/s, e na sonda utilizada, P/50 (sonda de alumínio cilíndrica com 50mm de diâmetro). A taxa de compressão da sonda sobre o produto foi de 40%. O uso do *software* permitiu o cálculo da dureza, que corresponde ao pico máximo do primeiro ciclo (o primeiro ciclo corresponde a uma simulação da primeira dentada no produto). (AACC, 1999)

Visto que a amostra se encontrava embalada, a preparação da mesma foi bastante simples consistindo na abertura da embalagem, e após isto rejeitou-se as tampas do pão, agregando-se a 1ª e 2ª fatia, e assim sucessivamente, como mostra a Figura 22, pois segundo o método AACC 74-09, caso a fatia do pão seja uma fatia fina, ou seja, tenha uma altura aproximada de 12,5mm, devem ser utilizadas duas. No caso de fatia grossa, a análise deve ser feita fatia a fatia. Colocou-se então a amostra sobre a base do texturómetro e centrada com a sonda. Fez-se por fim correr o teste, no qual *software* traça curvas ilustrando a força máximo (pico máximo) em função do tempo.

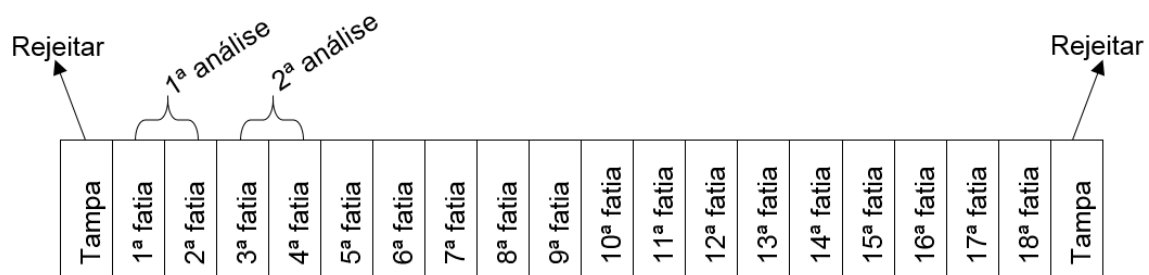


Figura 22. Esquematização da preparação do pão de forma para o texturómetro

7.2.3. Humidade

A humidade foi medida por uma técnica de termogravimetria por infravermelhos através do equipamento *Sartorius Moisture Analyzer* modelo *MA 30*, com condições de tempo e temperatura definidas para 8 minutos a 115°C. Foi escolhido este binómio pois através de vários testes de validação efetuados pela empresa, verificou-se que este seria o mais apropriado para a obtenção de dados concisos.

Esta análise foi conduzida posteriormente ao TPA, pois é uma análise destrutiva, ou seja, requer a trituração da amostra. A fatia escolhida foi standardizada para este ensaio correspondendo sempre à sétima, pois por se distanciar dos topos, não se corre o risco de falseamento dos resultados. Após a trituração da amostra, foram pesados 3,5g para uma placa de alumínio que é colocada no aparelho, procedendo-se à sua análise.

7.2.4. Atividade da água

A mediação da atividade da água foi feita no aparelho *LabMaster aw*, programado a uma temperatura de 25°C para a câmara interna. Para além da humidade, a amostra resultante da trituração da sétima fatia serviu ainda para quantificar o a_w , que com a ajuda de uma espátula, encheu-se uma cápsula com amostra ligeiramente até ao topo da mesma, colocando-a na câmara, dando início à medição.

7.3. Resultados Obtidos

7.3.1. Grupo A – Pães formulados com farinha refinada

A partir dos resultados obtidos pelo *software* do texturómetro, obtiveram-se várias curvas de força respetivos à fatia/conjunto de fatias para cada pão. Seguiu-se sempre a mesma ordem de ensaios, sendo que a curva representada a preto é o TEST1 correspondente ao primeiro ensaio/fatia, e assim sucessivamente como mostra a Figura 23. A partir das curvas extrapolou-se a dureza (exemplificação representada pelas Figuras 24 – 37, sendo que as restantes curvas se encontram em anexo, Anexo A.

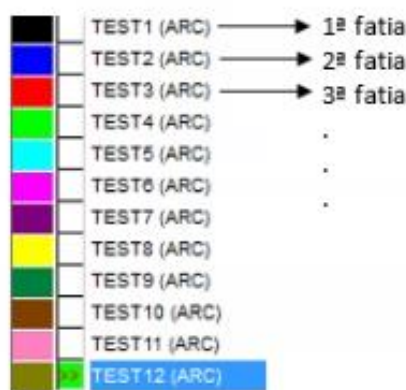


Figura 23. Associação entre as curvas de dureza e a sua ordem de análise

Curvas de Dureza para os pães do grupo A), e dos equipamentos de medição da humidade e a_w , construíram-se as seguintes Tabelas 5 – 16.

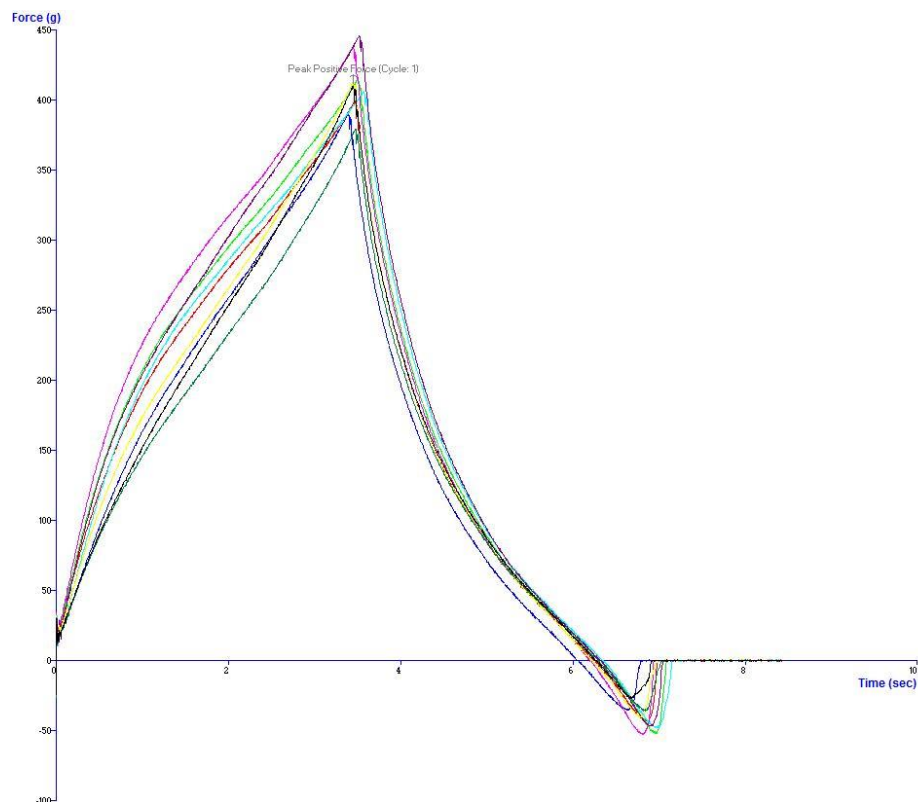


Figura 24. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 0

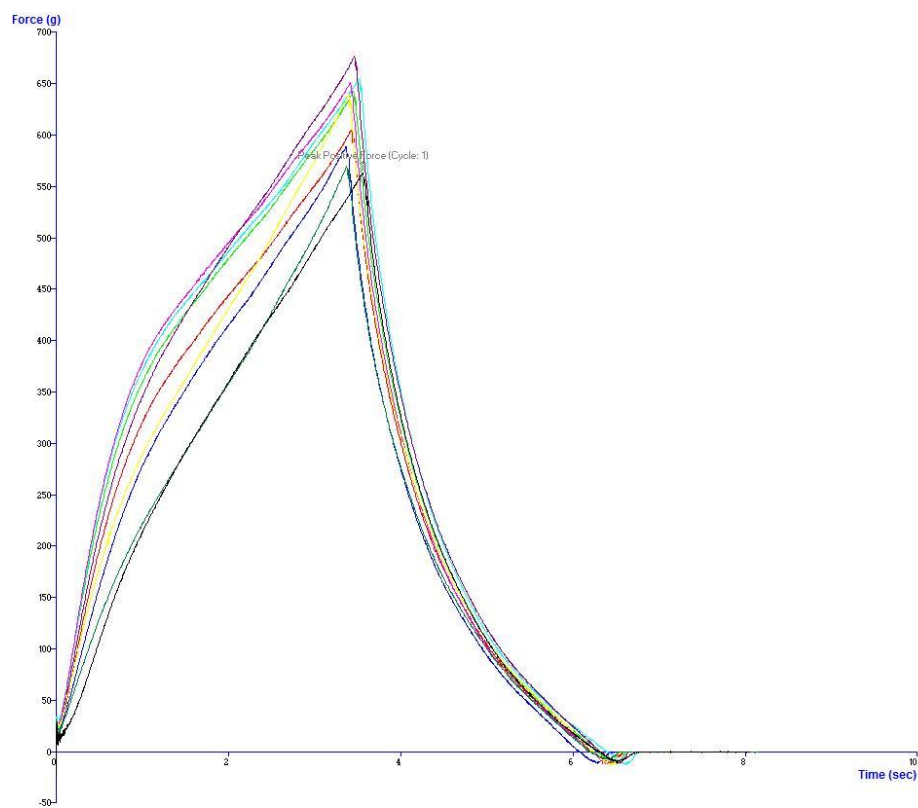


Figura 25. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 1

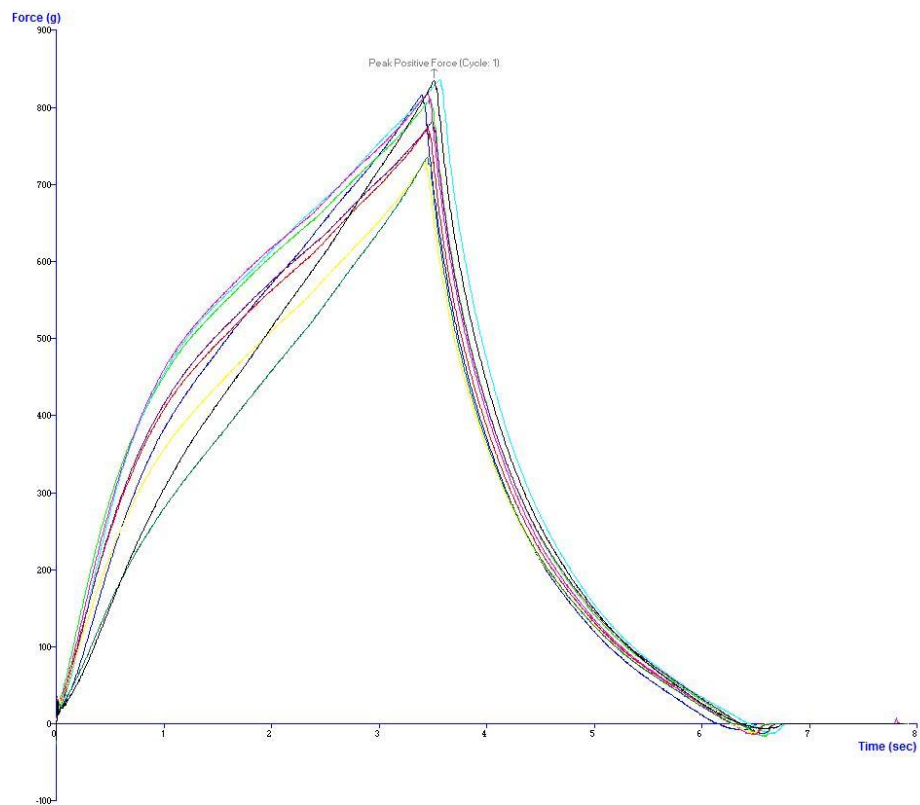


Figura 26. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 2

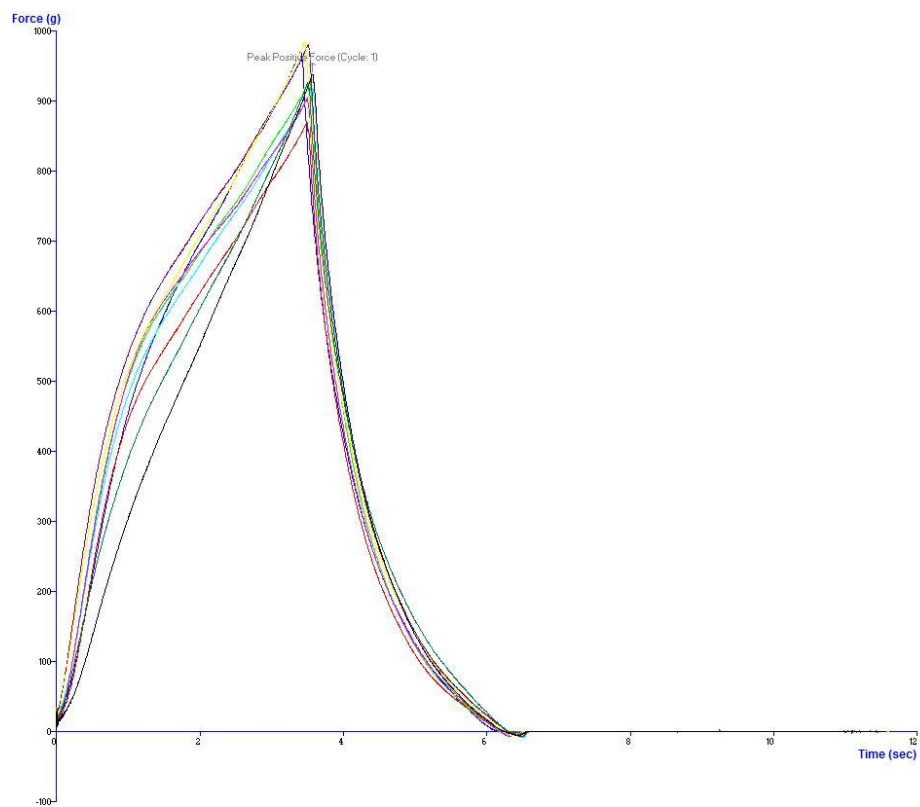


Figura 27. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 4

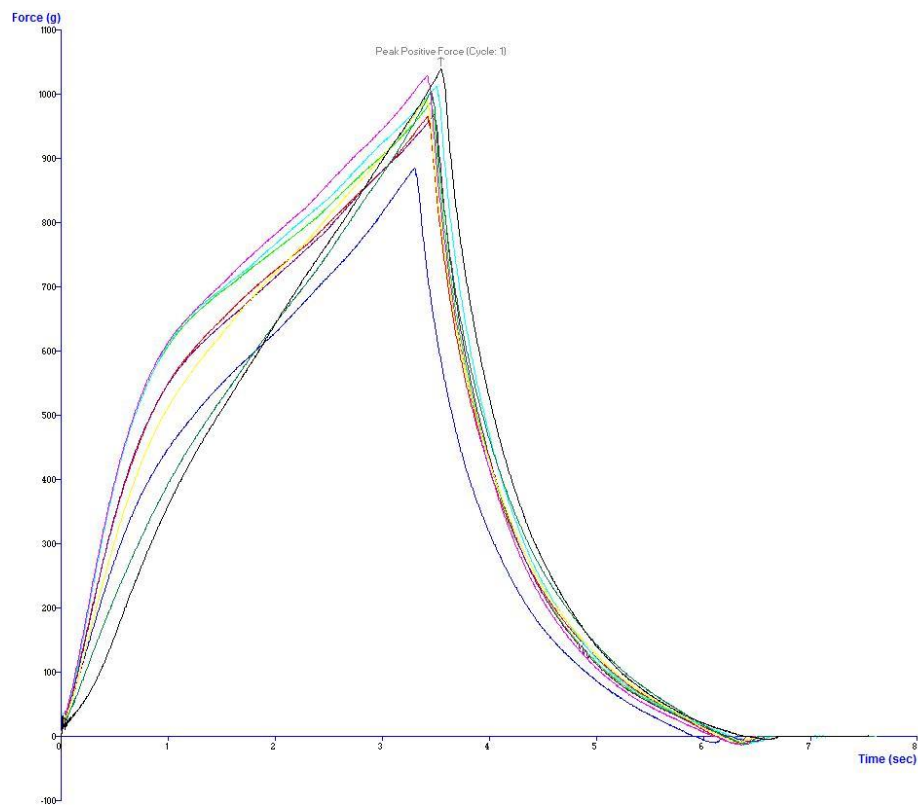


Figura 28. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 6

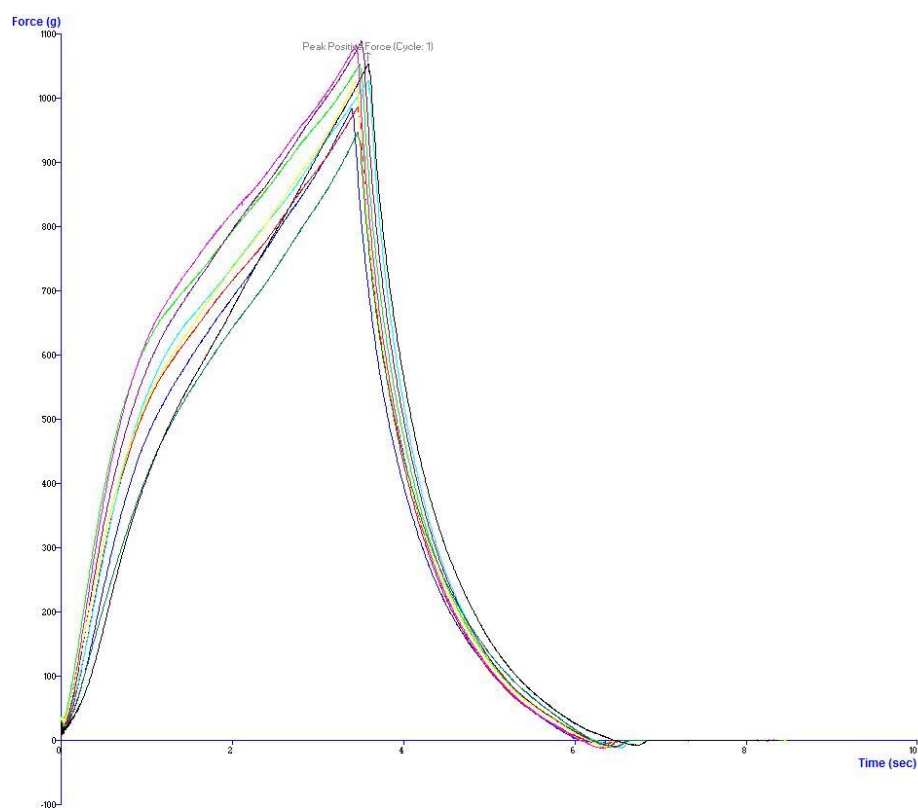


Figura 29. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 9

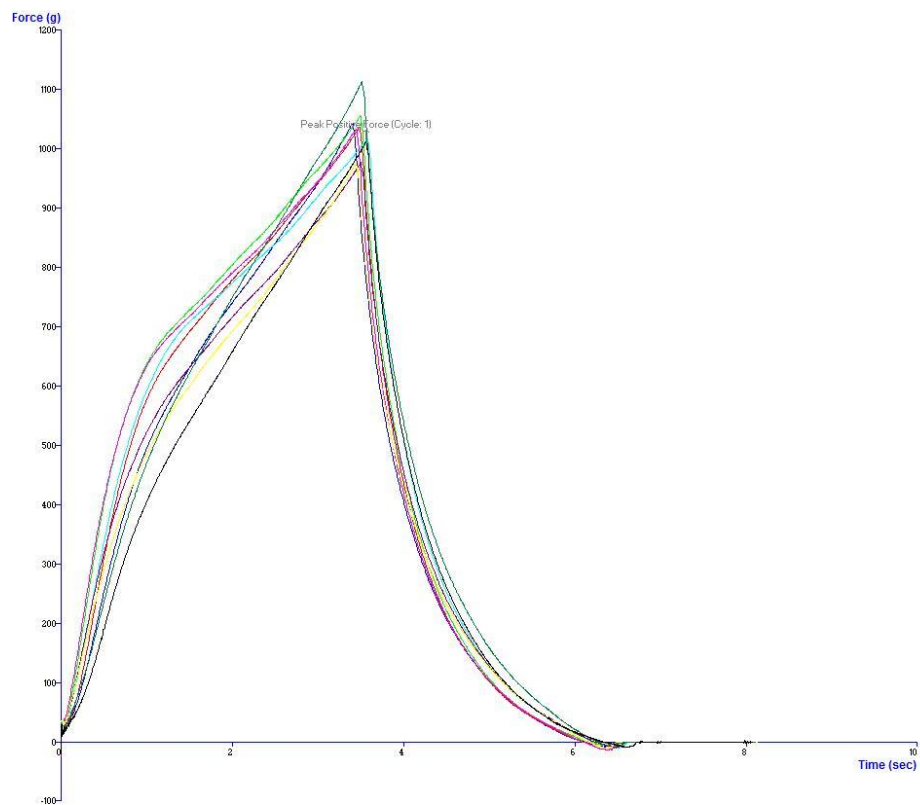


Figura 30. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 12

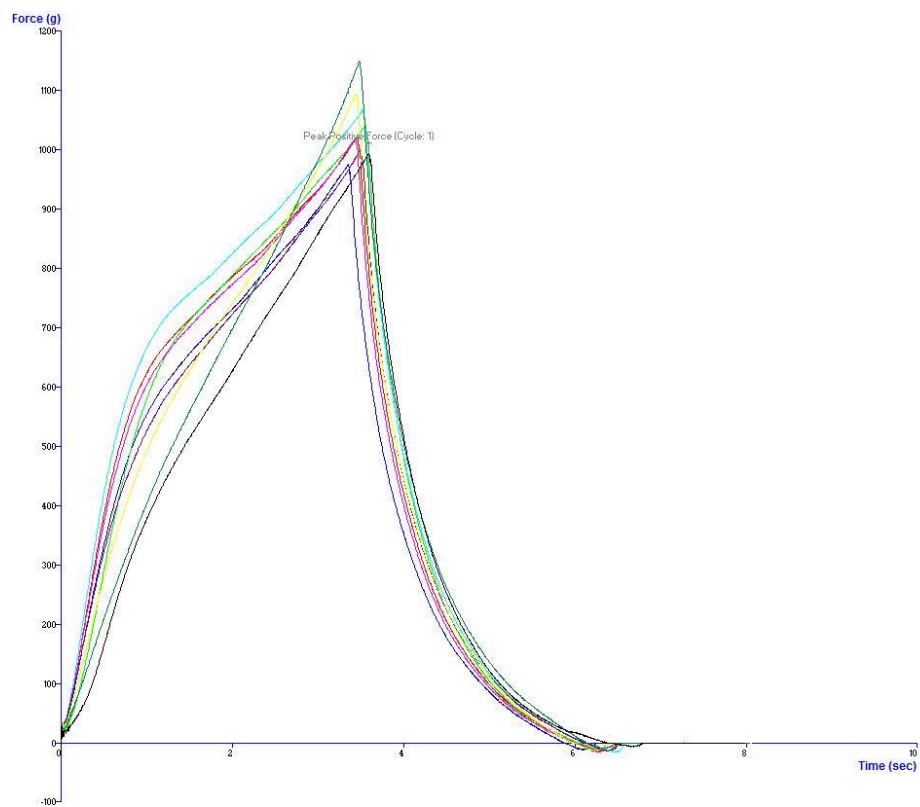


Figura 31. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 14

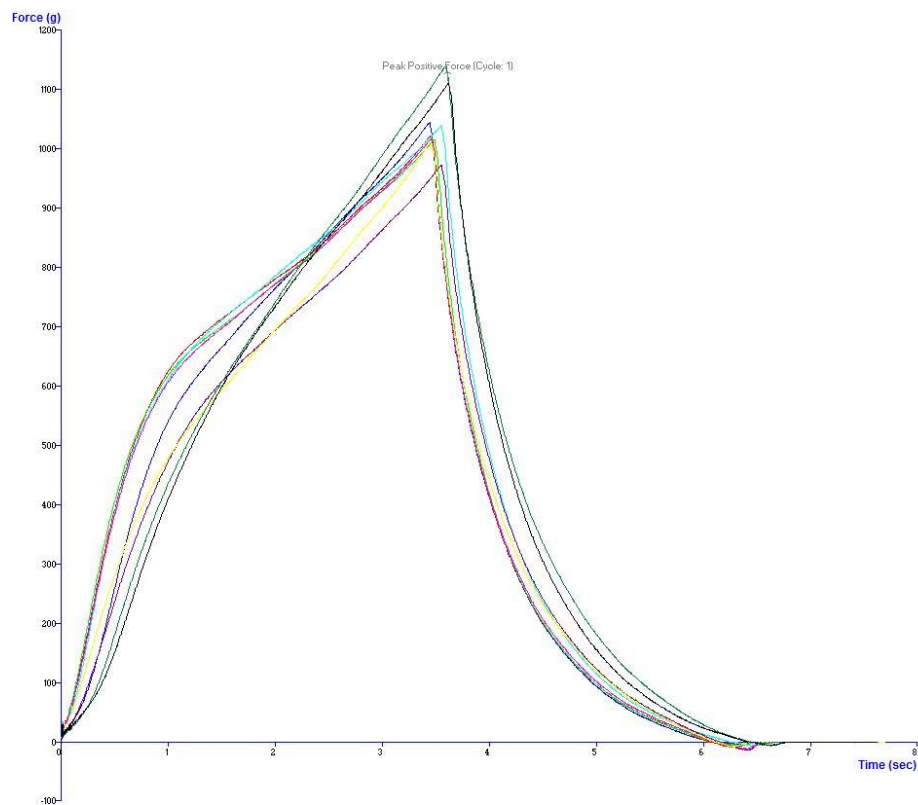


Figura 32. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 16

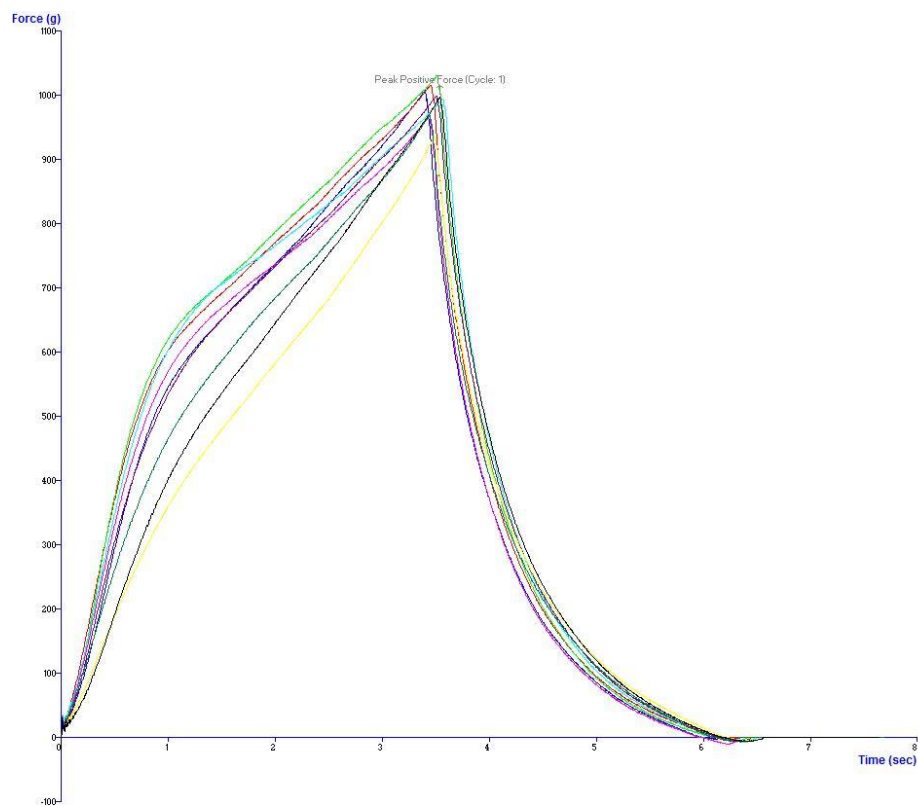


Figura 33. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 18

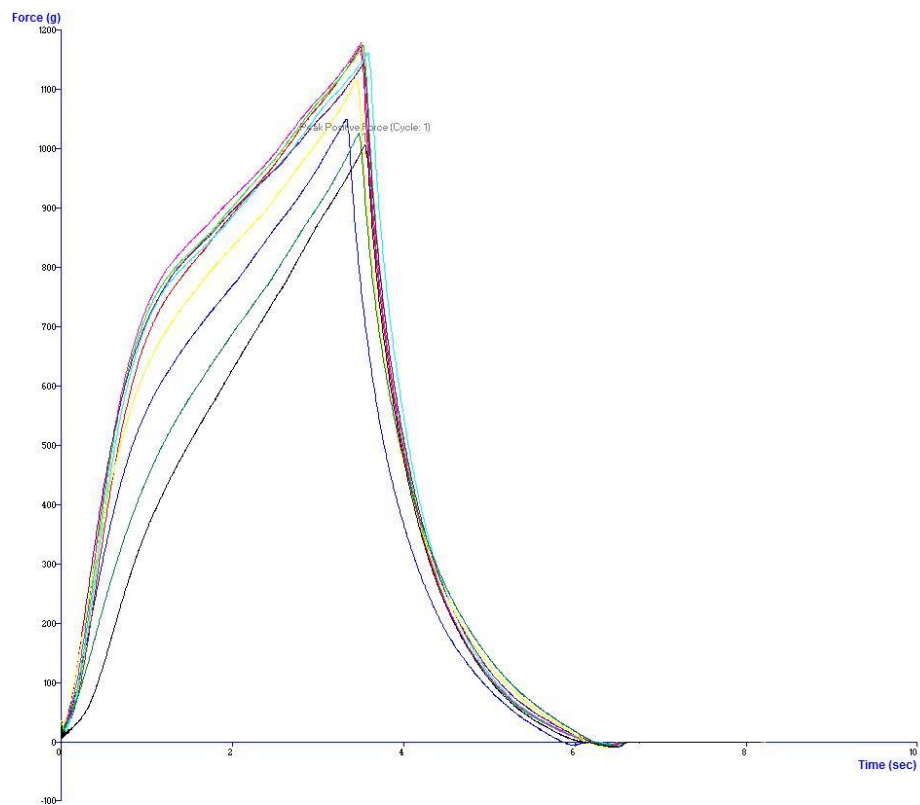


Figura 34. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 19

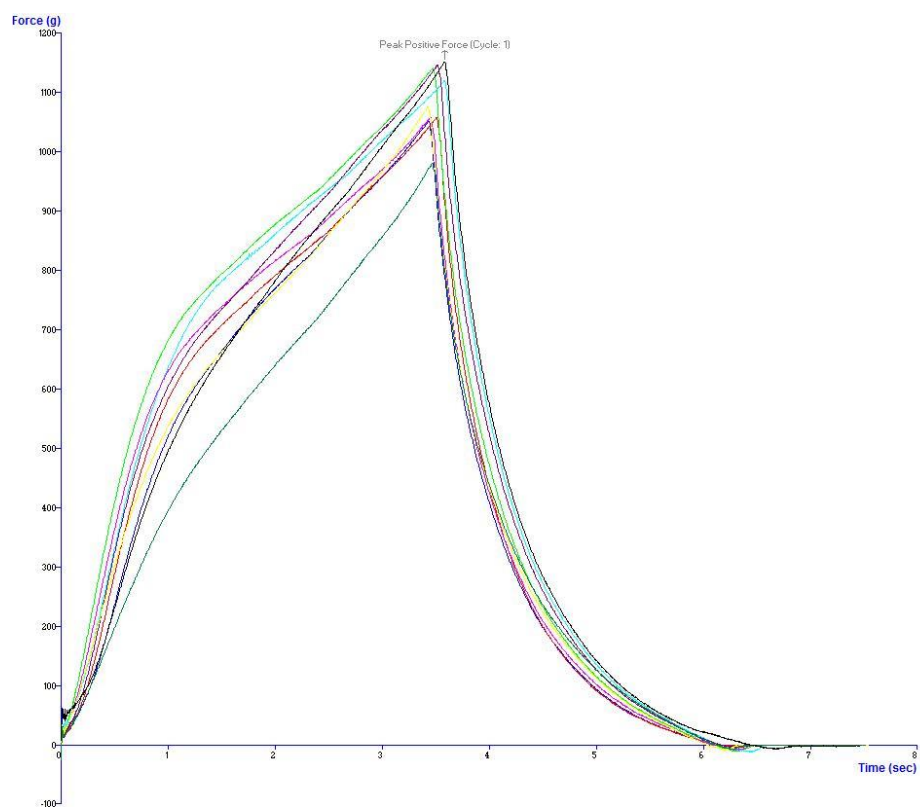


Figura 35. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 20

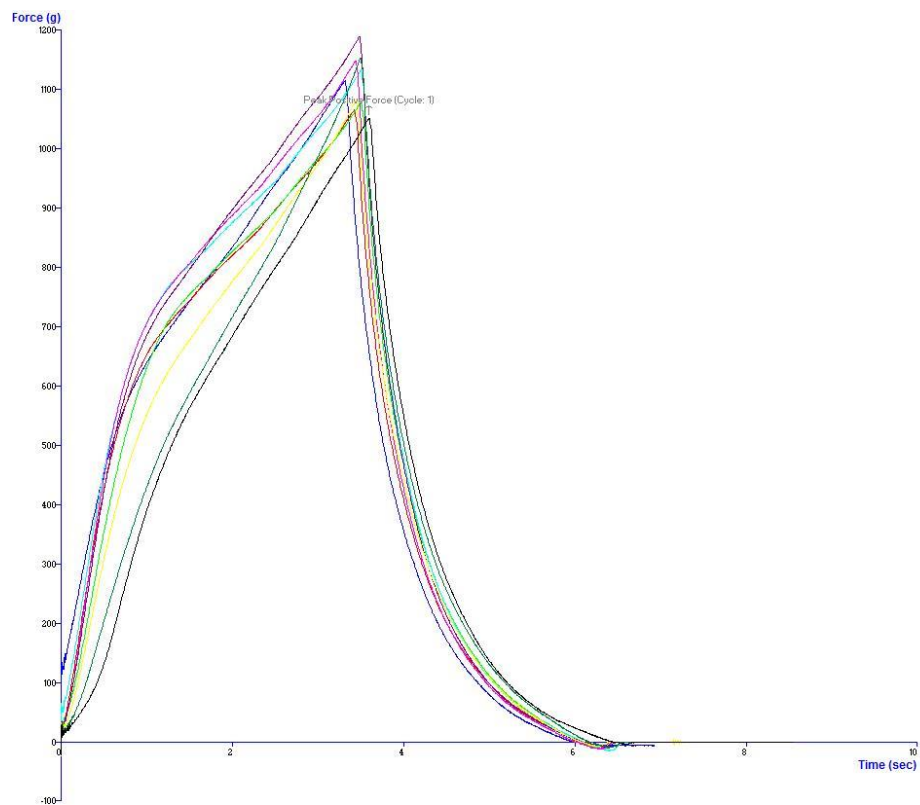


Figura 36. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 21

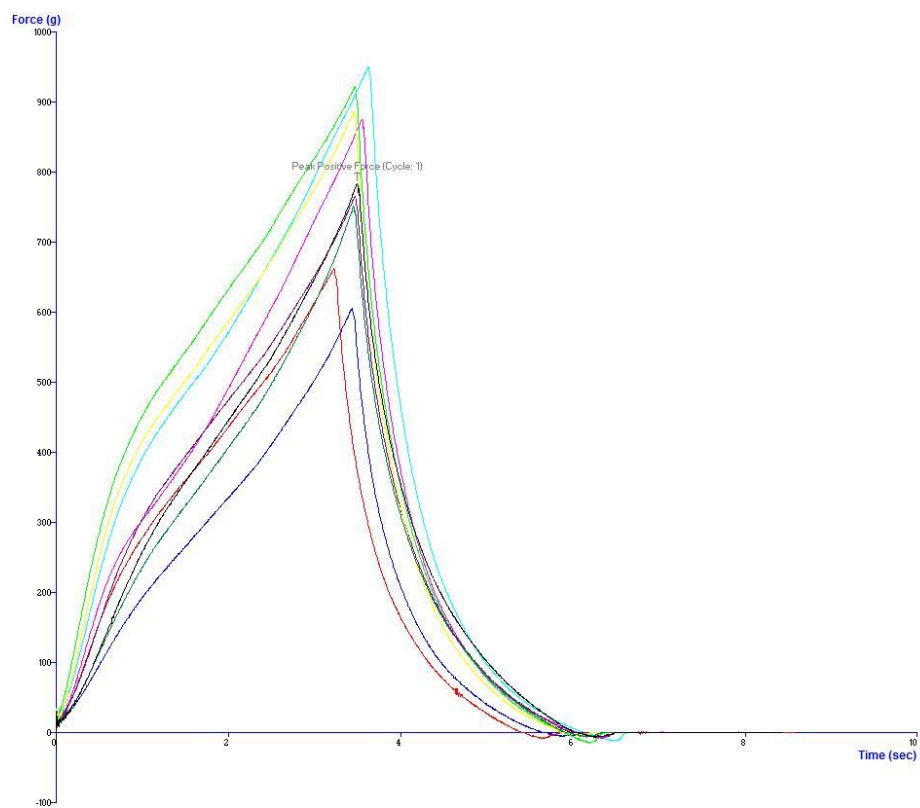


Figura 37. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 a DDV 22

Tabela 5. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 25 de janeiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,394	41,58	0,938
1	Normal	0,593	41,98	0,954
2	Normal	0,726	41,94	0,952
4	Normal	0,867	41,87	0,949
6	Normal	0,911	41,24	0,943
9	Normal	0,868	41,63	0,942
12	Normal	1,100	42,03	0,940
14	Normal	1,140	41,83	0,941
16	Normal	1,108	42,04	0,934
18	Normal	1,144	41,98	0,946
19	Normal	1,241	41,97	0,944
20	Normal	1,009	41,86	0,942
21	Normal	1,075	41,40	0,937
22	Normal	1,020	41,29	0,939

Tabela 6. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 1 de fevereiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,389	42,01	0,951
1	Normal	0,578	42,33	0,940
2	Normal	0,661	42,54	0,956
4	Normal	0,874	42,33	0,945
6	Normal	1,077	42,18	0,947
9	Normal	1,104	42,06	0,954
12	Normal	1,093	41,97	0,943
14	Normal	1,143	42,00	0,940
16	Normal	1,093	41,81	0,946
18	Normal	1,110	42,02	0,941
19	Normal	1,110	41,89	0,951
20	Normal	1,079	41,66	0,951
21	Normal	1,071	41,69	0,934
22	Normal	1,070	41,78	0,948

Tabela 7. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 8 de fevereiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A_w
0	Normal	0,445	40,93	0,948
1	Normal	0,751	41,91	0,951
2	Normal	0,911	41,97	0,940
4	Normal	0,950	41,72	0,942
6	Normal	1,243	41,40	0,943
9	Normal	1,258	41,62	0,954
12	Normal	1,229	41,50	0,950
14	Normal	1,301	41,16	0,938
16	Normal	1,336	40,93	0,951
18	Normal	1,225	40,94	0,949
19	Normal	1,136	40,86	0,953
20	Normal	1,265	41,08	0,932
21	Normal	1,307	40,99	0,947
22	Normal	1,262	40,98	0,941

Tabela 8. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 15 de fevereiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A_w
0	Normal	0,377	41,63	0,951
1	Normal	0,641	42,27	0,943
2	Normal	0,758	42,31	0,952
4	Normal	0,838	41,30	0,950
6	Normal	0,915	41,65	0,951
9	Normal	1,012	41,83	0,952
12	Normal	1,027	41,87	0,953
14	Normal	1,138	41,90	0,945
16	Normal	1,105	41,54	0,948
18	Normal	0,960	41,92	0,937
19	Normal	1,162	41,71	0,946
20	Normal	1,186	41,25	0,941
21	Normal	0,972	41,86	0,948
22	Normal	1,149	41,56	0,941

Tabela 9. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 1 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,385	42,24	0,963
1	Normal	0,580	42,25	0,952
2	Normal	0,657	42,15	0,952
4	Normal	0,786	42,49	0,940
6	Normal	0,841	41,72	0,957
9	Normal	0,848	41,54	0,951
12	Normal	0,902	41,66	0,946
14	Normal	0,874	41,86	0,948
16	Normal	0,868	41,51	0,938
18	Normal	1,035	41,18	0,947
19	Normal	0,922	41,74	0,951
20	Normal	0,897	40,56	0,950
21	Normal	0,948	40,94	0,946
22	Normal	0,910	41,00	0,948

Tabela 10. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 8 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,411	41,69	0,958
1	Normal	0,622	41,94	0,952
2	Normal	0,793	41,89	0,944
4	Normal	0,936	41,38	0,965
6	Normal	0,986	41,64	0,950
9	Normal	1,028	41,28	0,939
12	Normal	1,031	41,58	0,957
14	Normal	1,042	41,58	0,947
16	Normal	1,043	41,69	0,952
18	Normal	0,991	41,33	0,944
19	Normal	1,116	41,59	0,950
20	Normal	1,089	41,38	0,945
21	Normal	1,115	41,72	0,951
22	Normal	0,801	41,28	0,944

Tabela 11. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 15 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,373	41,52	0,950
1	Normal	0,573	41,91	0,953
2	Normal	0,665	41,72	0,947
4	Normal	0,707	42,04	0,954
6	Normal	0,869	41,90	0,944
9	Normal	0,890	41,38	0,952
12	Normal	1,035	41,61	0,945
14	Normal	1,160	41,49	0,949
16	Normal	1,109	41,42	0,943
18	Normal	0,995	41,54	0,943
19	Normal	1,056	41,63	0,945
20	Normal	1,085	41,60	0,943
21	Normal	1,094	41,67	0,939
22	Normal	1,044	41,60	0,932

Tabela 12. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,390	42,36	0,942
1	Normal	0,650	42,27	0,949
2	Normal	0,674	42,09	0,954
4	Normal	0,739	42,04	0,941
6	Normal	1,006	42,11	0,947
9	Normal	1,087	41,88	0,941
12	Normal	1,011	41,69	0,948
14	Normal	1,023	41,82	0,940
16	Normal	1,002	41,80	0,941
18	Normal	1,053	41,71	0,941
19	Normal	1,102	41,87	0,953
20	Normal	1,039	41,76	0,949
21	Normal	1,052	41,57	0,939
22	Normal	0,990	41,55	0,950

Tabela 13. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,433	41,85	0,952
1	Normal	0,698	41,76	0,948
2	Normal	0,746	42,24	0,951
4	Normal	0,734	42,15	0,951
6	Normal	0,937	41,84	0,948
9	Normal	1,003	42,10	0,942
12	Normal	0,957	41,85	0,943
14	Normal	1,006	42,08	0,949
16	Normal	0,985	41,71	0,937
18	Normal	1,083	41,35	0,941
19	Normal	1,021	41,61	0,951
20	Normal	1,007	41,50	0,936
21	Normal	1,176	41,49	0,931
22	Normal	0,965	41,14	0,937

Tabela 14. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 23 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,565	42,19	0,944
1	Normal	0,597	42,18	0,952
2	Normal	0,749	42,05	0,965
4	Normal	0,891	41,78	0,959
6	Normal	1,038	42,16	0,960
9	Normal	0,992	42,23	0,943
12	Normal	1,008	42,12	0,951
14	Normal	1,112	41,86	0,934
16	Normal	1,017	41,81	0,938
18	Normal	1,106	41,53	0,948
19	Normal	1,089	41,45	0,951
20	Normal	1,181	41,61	0,939
21	Normal	1,155	41,78	0,954
22	Normal	1,010	40,98	0,944

Tabela 15. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,366	41,92	0,941
1	Normal	0,547	42,03	0,951
2	Normal	0,705	41,96	0,962
4	Normal	0,835	41,69	0,957
6	Normal	0,862	41,43	0,959
9	Normal	0,950	41,28	0,945
12	Normal	0,922	41,21	0,953
14	Normal	0,982	41,61	0,948
16	Normal	0,953	41,59	0,945
18	Normal	1,034	41,86	0,951
19	Normal	0,978	41,43	0,937
20	Normal	1,104	41,21	0,941
21	Normal	0,954	41,42	0,950
22	Normal	1,001	40,70	0,942

Tabela 16. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 29 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,496	41,82	0,955
1	Normal	0,623	41,94	0,945
2	Normal	0,718	42,32	0,951
4	Normal	0,843	42,15	0,954
6	Normal	0,950	42,22	0,952
9	Normal	0,932	42,06	0,945
12	Normal	0,943	42,12	0,950
14	Normal	0,981	41,84	0,940
16	Normal	0,979	41,50	0,948
18	Normal	1,051	41,64	0,947
19	Normal	1,117	41,69	0,946
20	Normal	1,009	41,34	0,952
21	Normal	1,062	41,05	0,950
22	Normal	1,030	40,97	0,941

Tendo por base todas as tabelas supramencionadas nos resultados, construíram-se gráficos de dureza, humidade e atividade da água médias de forma a avaliar com mais precisão o comportamento do pão ao longo do seu tempo de vida.

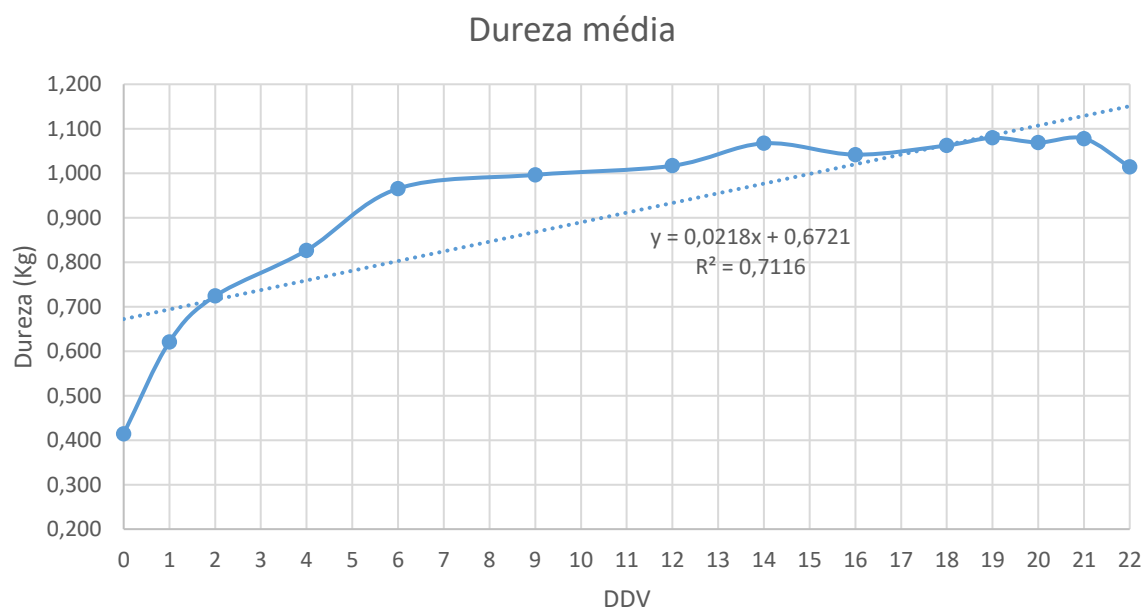


Figura 38. Evolução da dureza nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida

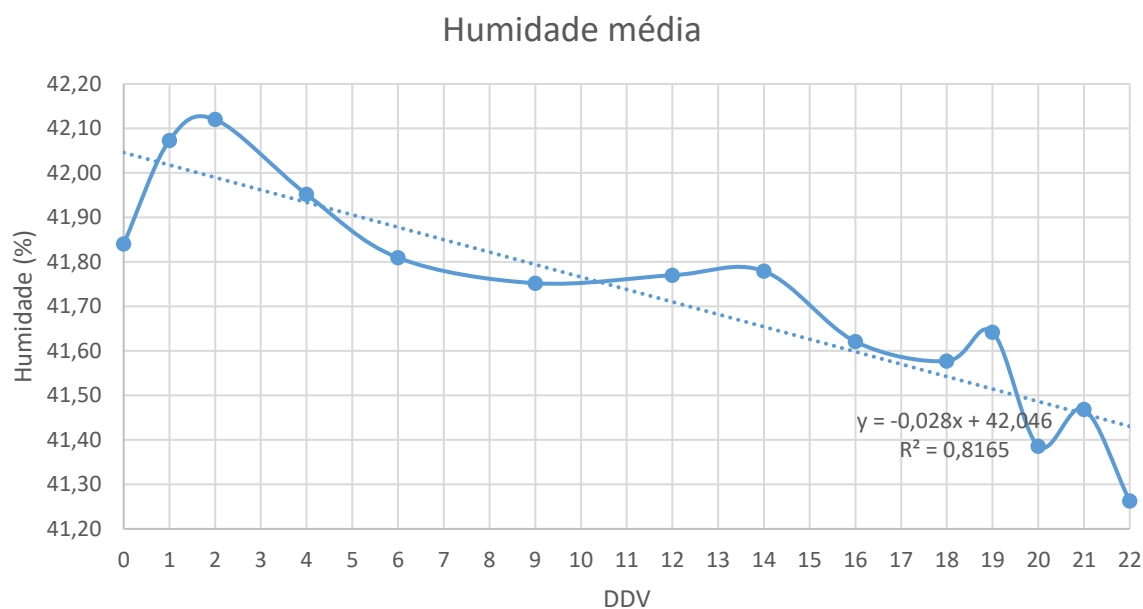


Figura 39. Evolução do teor de humidade nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida

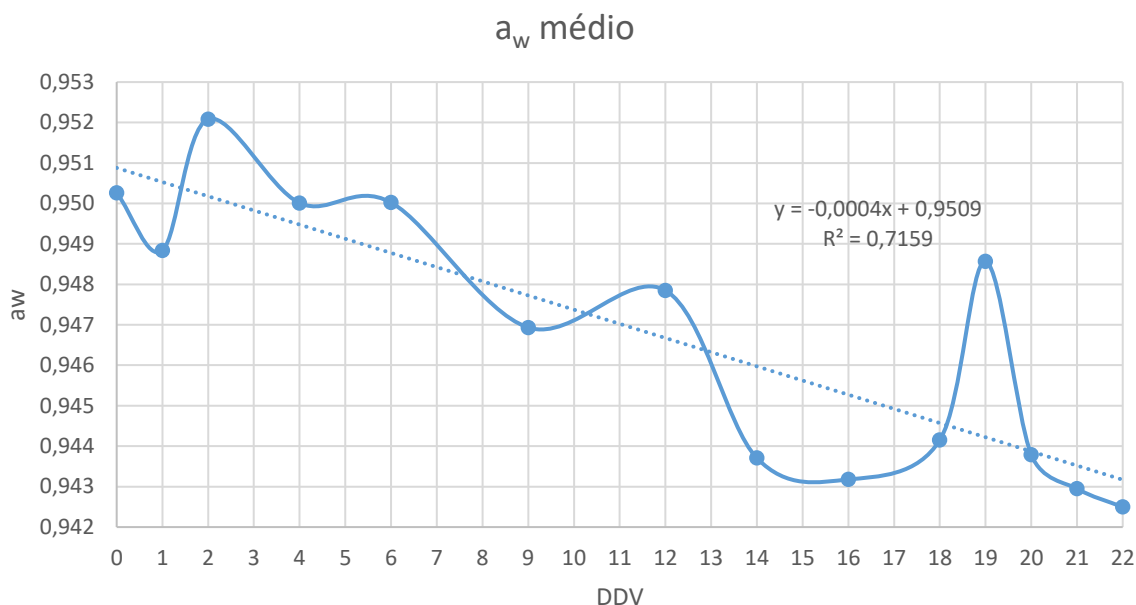


Figura 40. Evolução da atividade da água nos pães do grupo A ao longo de 22 dias de vida

Existe uma forte correlação entre a frescura de um pão com a sua firmeza, sendo que pela análise do Figura 38 é possível verificar um aumento no que toca à dureza do pão, o que é expectável e pode ser explicado através dos fenómenos de *staling*. Neste processo o pão perde as suas propriedades fisiológicas ao longo do tempo de armazenagem, proporcionando um aumento da dureza do mesmo. Apesar de não quantificado, é possível ainda verificar pela evolução das curvas de força, representadas pelas Figuras 24 – 37, que a área negativa da curva após o primeiro ciclo diminuiu. Esta área representa a adesividade de um produto, e é descrita como o trabalho necessário para superar a força atrativa entre o produto e a superfície de contacto do mesmo. (Besbes, Jury, Monteau, & Le Bail, 2014) (Ringsted, Siesler, & Engelsen, 2017) (Young, 2012)

Os processos físico-químicos que contribuem para o *staling* são bastante complexos e ainda hoje não são totalmente percebidos, mas provou-se, no entanto, que processos como a retrogradação do amido e migração da água são os que mais impacto apresentam para este fenómeno. A retrogradação do amido, apesar de complexo, depende de muitos fatores intrínsecos ao pão, como a origem e quantidade do amido, o pH e a presença de lípidos, bem como de fatores extrínsecos como as temperaturas de cozedura e arrefecimento. Sumariamente envolve a cristalização de estruturas de dupla hélice compostas pelo amido amorfo, levando à perda da capacidade de retenção

de água, sendo este fenómeno o principal responsável pelo aumento da dureza nos pães fabricados com farinha refinada, verificando-se uma evolução mais acentuada nos primeiros seis dias de vida. (Eliasson, 2012) (Biliaderis, 2009) (Ai & Jane, 2016) (INSA, 2015a) (INSA, 2015b)

A migração da água influencia, para além da humidade, a dureza e, conseqüentemente, a adesividade do produto. A migração de água no pão dá-se do miolo para a cõdea graças ao acentuado gradiente causando na etapa de cozedura, quando a parte superficial do pão entra em contacto com altas temperaturas. Graças a este fenómeno, o centro do produto torna-se mais seco, levando a um produto mais duro e menos adesivo, verificando-se pela evolução das curvas de dureza de humidade. (Roudaut & Debeaufort, 2010)

Além disso, há uma forte relação entre a textura do miolo do pão com o seu conteúdo em humidade, ou seja, existe uma ligação entre a taxa de *staling* e a taxa de migração da água, sendo que quanto maior o teor de humidade, mais baixo será o seu valor de dureza. Assim sendo, há um decréscimo ligeiro no teor de humidade do longo do tempo, como se evidencia pela Figura 39. Note-se que o decréscimo na humidade ao longo do tempo não é demasiado significativo uma vez que nas indústrias de panificação são usados muitas vezes agentes *anti-staling*, que previnem fenómenos de perda da qualidade do pão, melhorando a textura e uniformidade do miolo do pão, e prolongando o tempo de prateleira do produto. Estes agentes encontram-se presentes nos pães analisados, como mostra a Figura 20, e atuam direta ou indiretamente na retrogradação do amido, sendo que os mais comuns, com impacto direto na retrogradação, são os mono e diglicéridos de ácidos gordos (E471) e o estearilo-2-lactilato de sódio (E481). (Besbes et al., 2014) (Young, 2012) (Purhagen, Sjöö, & Eliasson, 2011)

É possível verificar um aumento ligeiro na humidade até ao segundo dia, isto porque o pão, apesar do arrefecimento a que é submetido, ainda é embalado ligeiramente quente, fazendo com que o arrefecimento final se dê dentro da embalagem. Esta é constituída por um plástico PP (polipropileno), capaz de criar uma ótima barreira ao vapor de água, comparativamente a outros tipo de plástico usados em contexto alimentar, logo a água resultante da condensação do vapor libertado durante o arrefecimento acaba por ser absorvida pelo pão, aumentando ligeiramente a sua humidade nos primeiros dias de vida. (Teck Kim, Min, & Won Kim, 2014)

O pão é um alimento que com um teor em humidade médio (aproximadamente 40%), mas possui altos valores de atividade da água ($0.940 \leq a_w \leq 0.970$). Este parâmetro é de extrema importância, pois condiciona diretamente o desenvolvimento e proliferação de

carga microbiana. O intervalo de a_w encontrado para o pão é propenso à germinação e crescimento de bolores. Operações unitárias como o corte e embalagem do pão em embalagens de polietileno aumenta o risco de desenvolvimento de bolores devido à condensação da humidade, como já foi supramencionado. As espécies mais associadas à deterioração do pão são *Penicillium* e *Aspergillus*. Com base na Figura 40 verifica-se, durante o tempo de vida do produto, que os valores de a_w tendem a decrescer ligeiramente. (Magan et al., 2012) (Czuchajowska & Pomeranz, 1989)

7.3.2. Grupo B – Pães formulados com farinha não refinada

Do mesmo modo que se procedeu com o tratamento dos resultados para o grupo A, para o grupo B também foram construídas tabelas (Tabelas 17 – 25) com os dados obtidos dos equipamentos de medição da humidade, a_w e das várias curvas de força (exemplificação representada pelas Figuras 41 – 54, sendo que as restantes curvas se encontram em Anexo B. Curvas de Dureza para os pães do Grupo B).

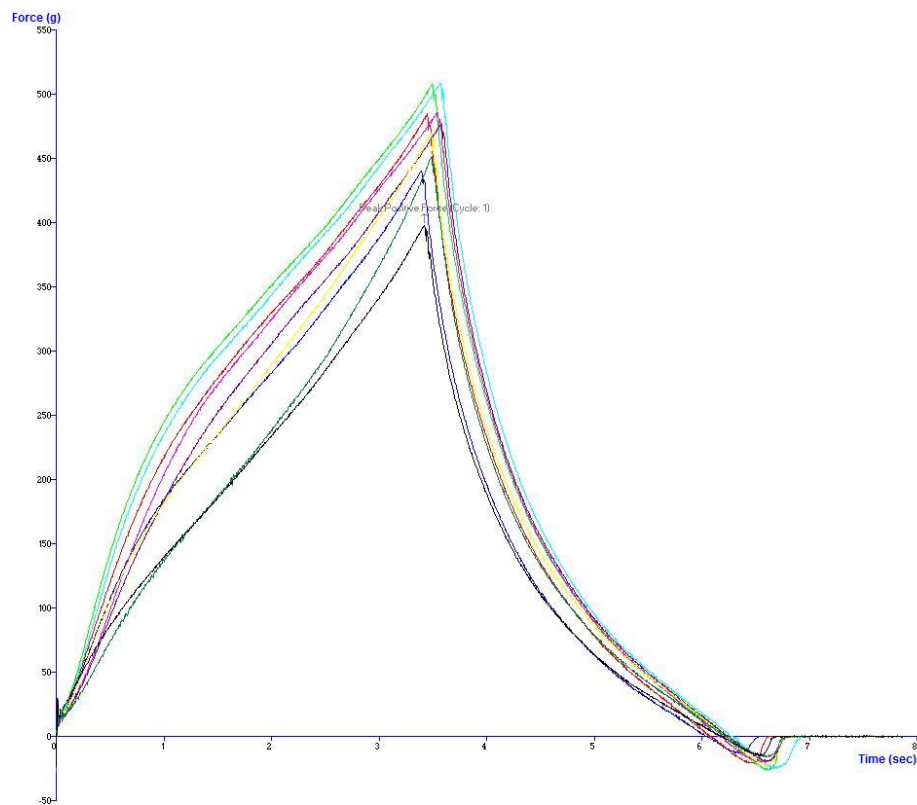


Figura 41. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 0

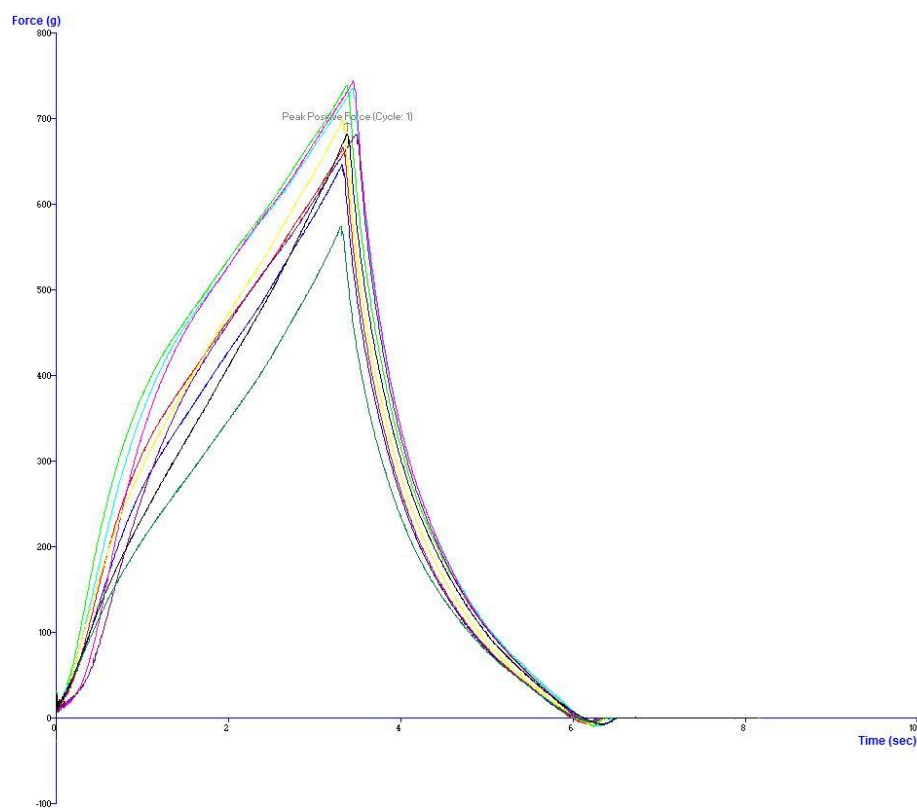


Figura 42. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 1

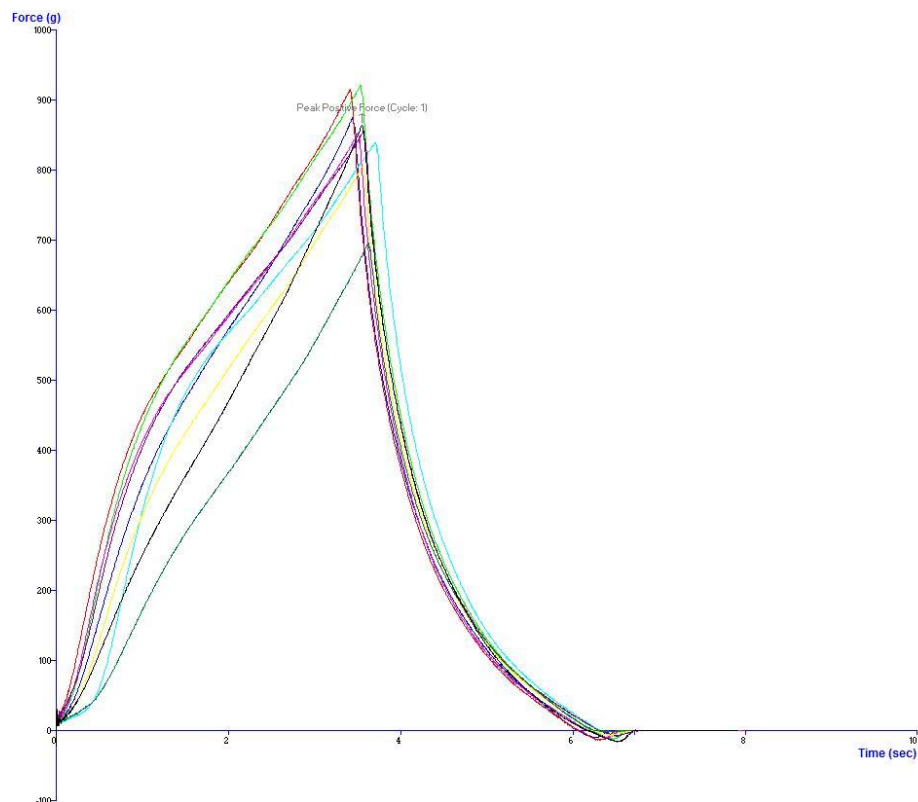


Figura 43. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 2

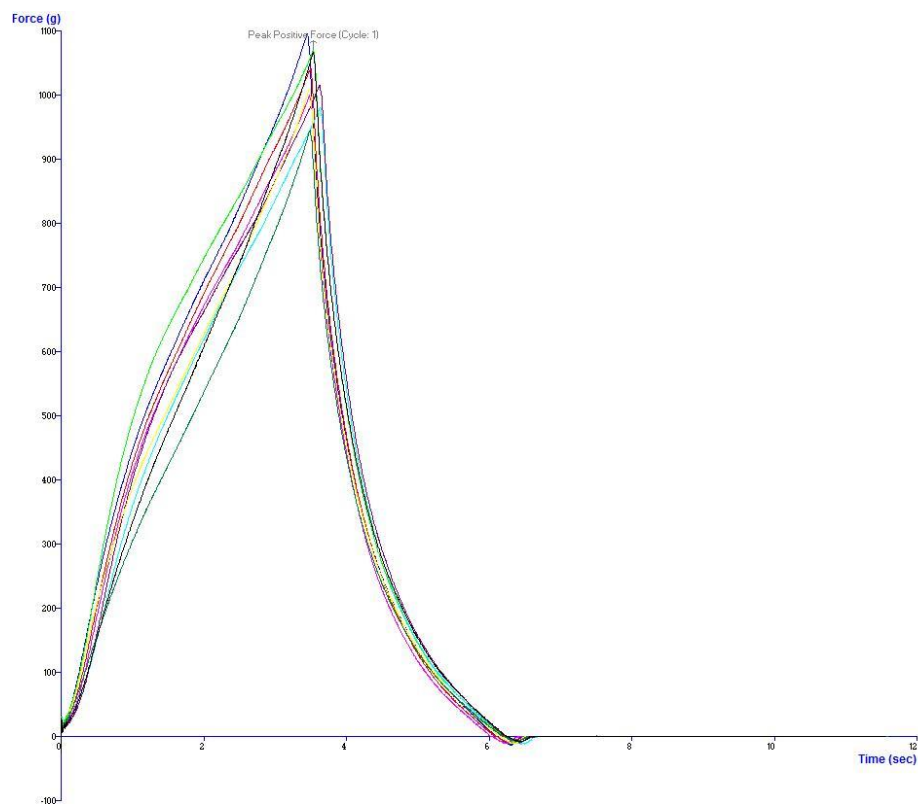


Figura 44. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 4

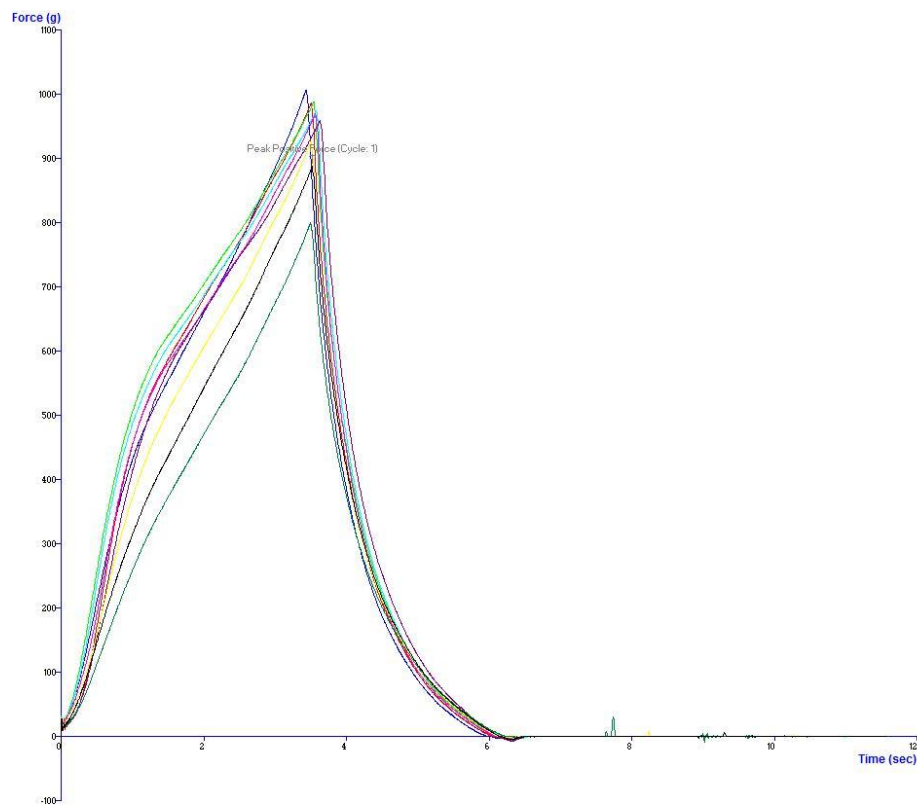


Figura 45. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 6

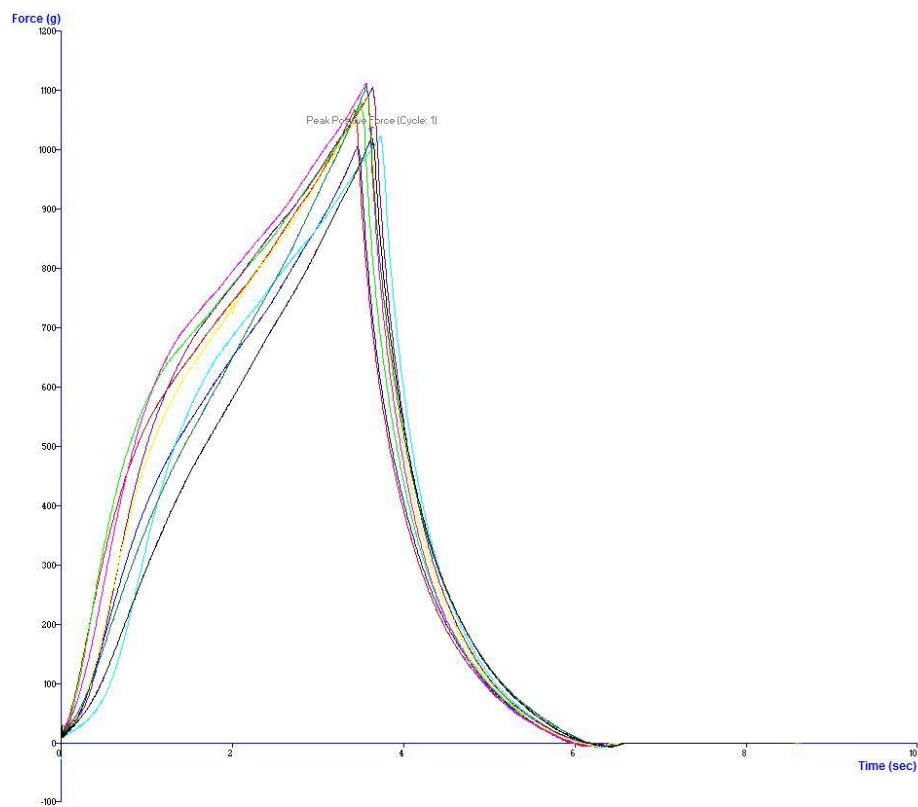


Figura 46. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 9

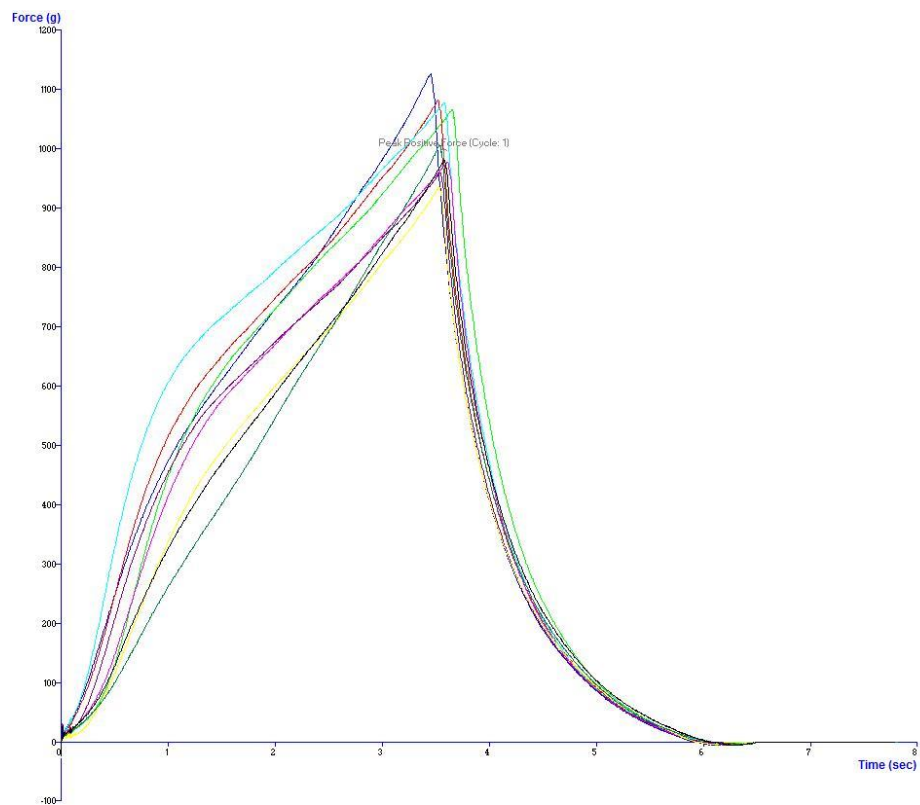


Figura 47. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 12

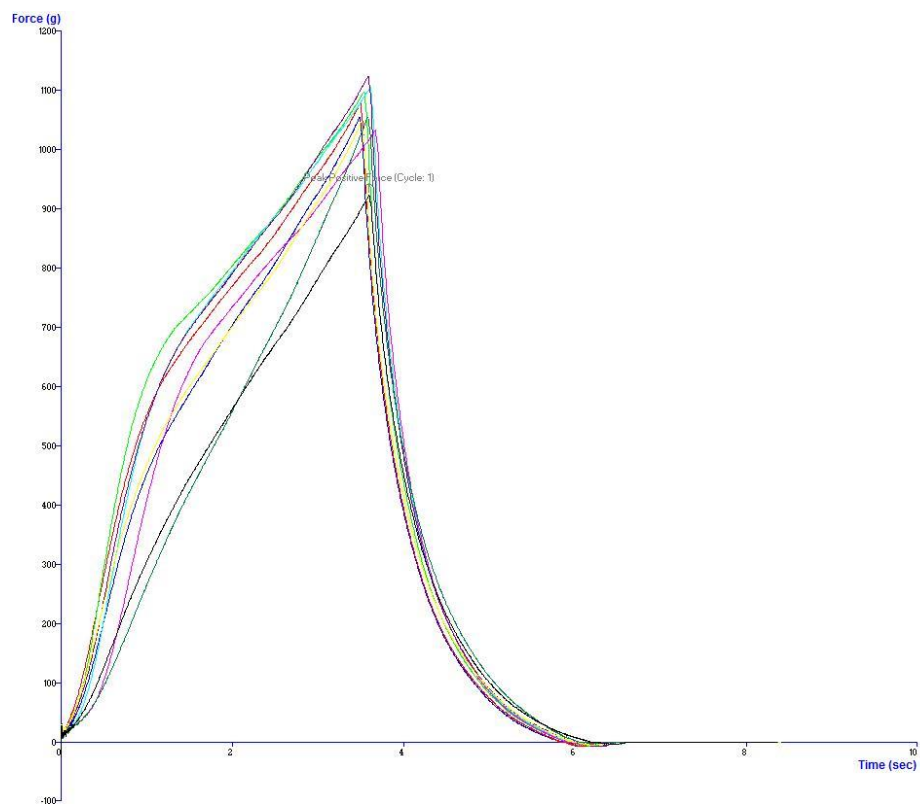


Figura 48. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 14

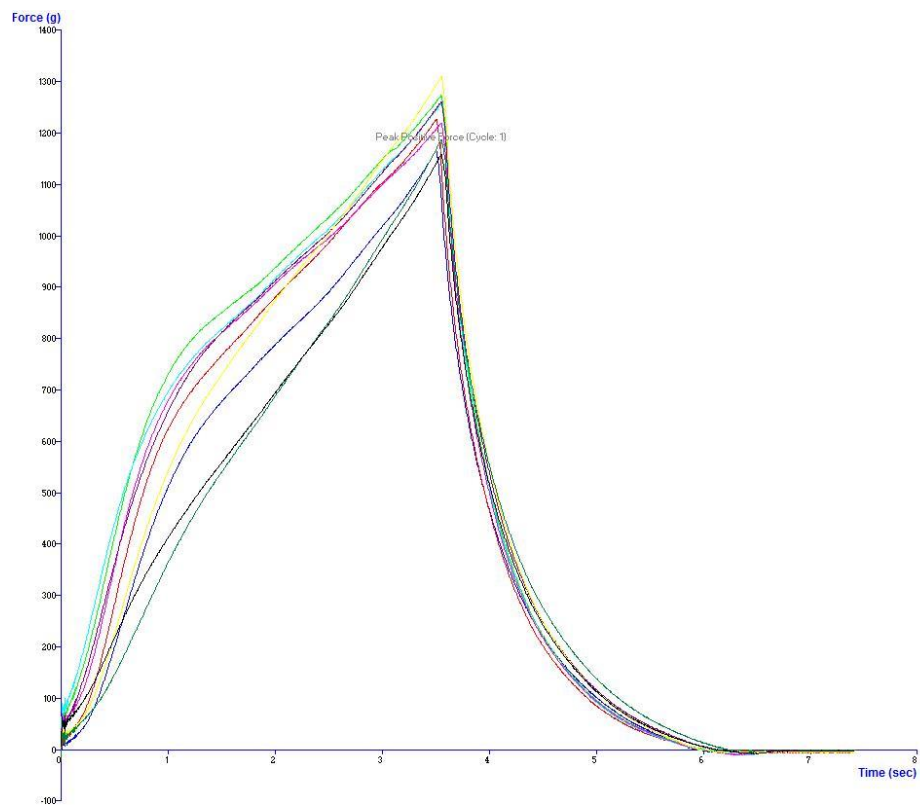


Figura 49. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 16

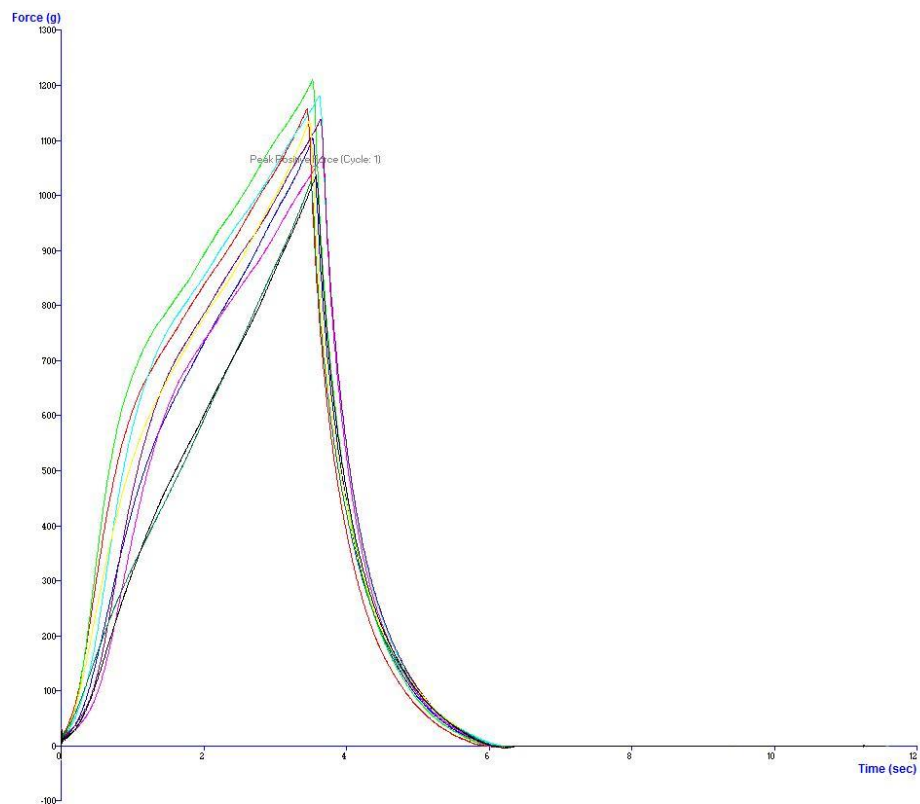


Figura 50. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 18

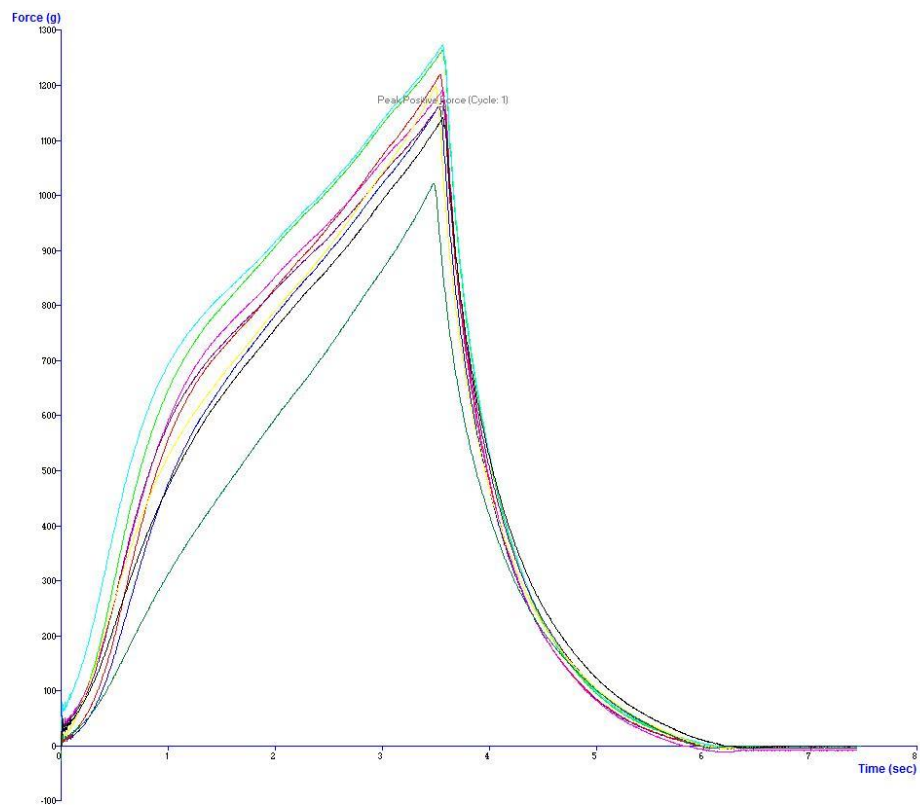


Figura 51. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 19

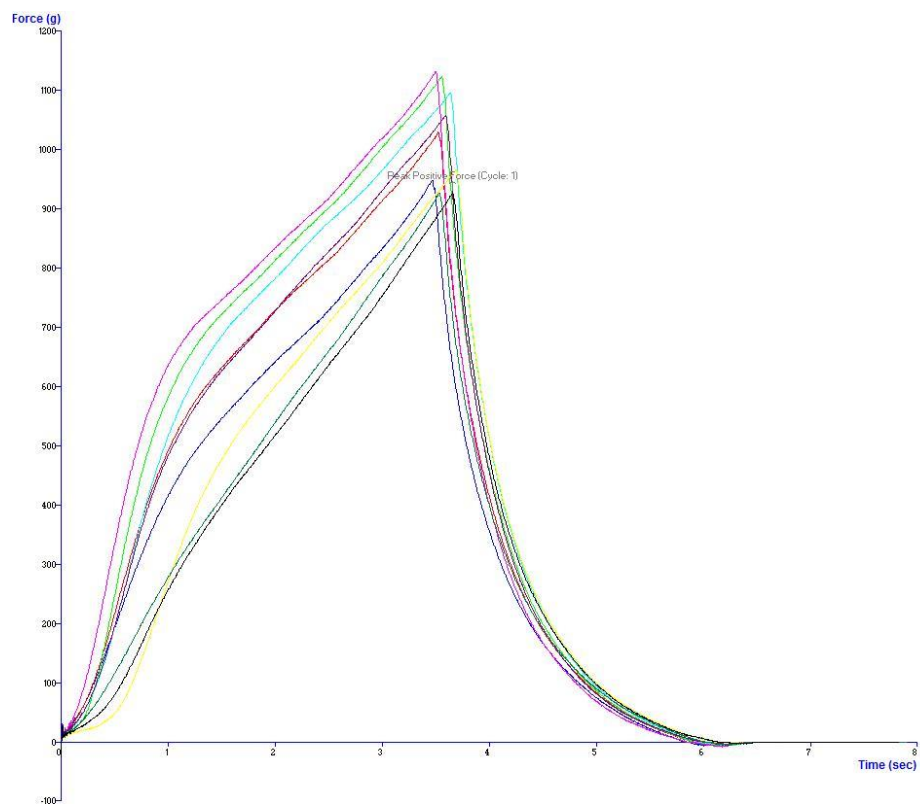


Figura 52. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 20

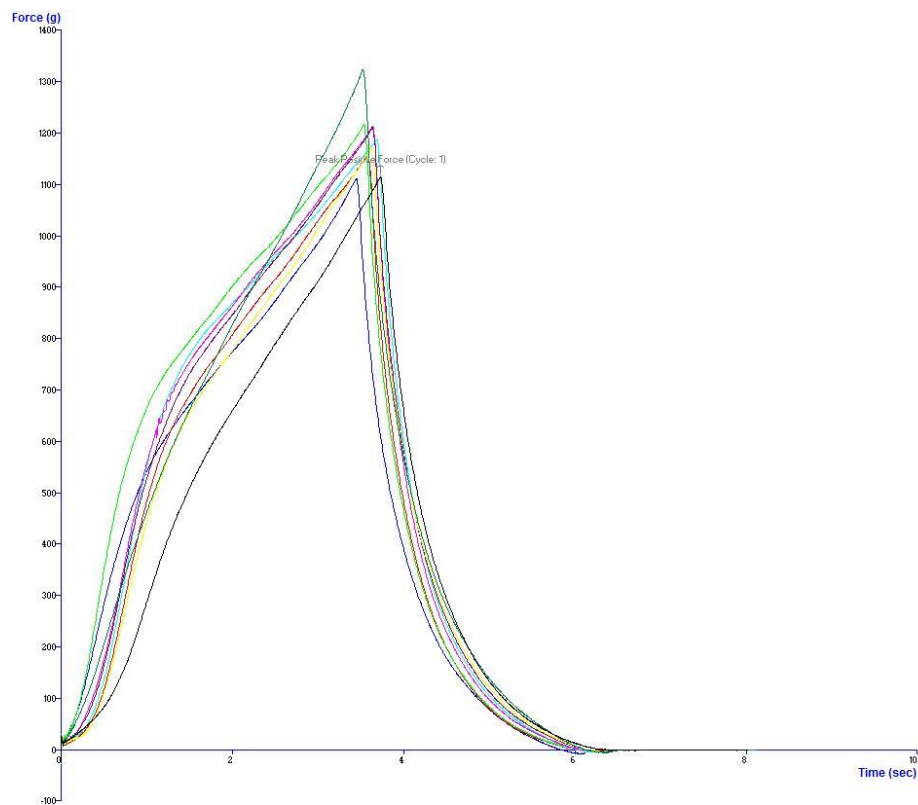


Figura 53. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 21

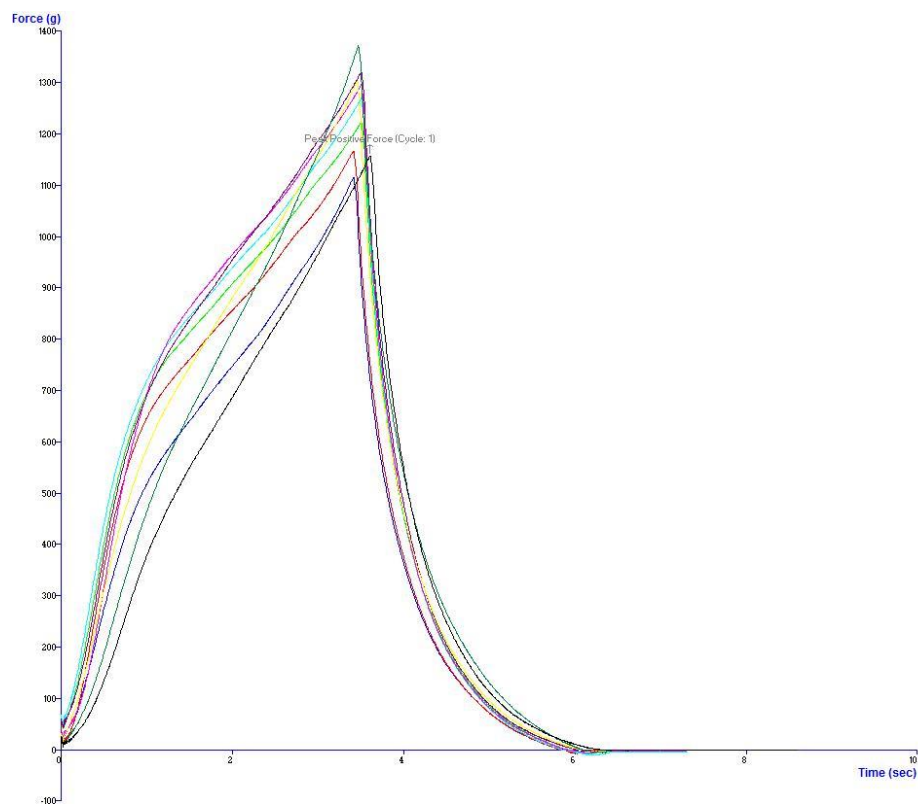


Figura 54. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 a DDV 22

Tabela 17. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de fevereiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,328	42,57	0,947
1	Normal	0,561	43,25	0,934
2	Normal	0,665	43,45	0,941
4	Normal	0,837	43,57	0,957
6	Normal	0,869	43,41	0,949
9	Normal	0,893	43,78	0,949
12	Normal	0,970	43,58	0,949
14	Normal	0,928	43,11	0,948
16	Normal	1,015	43,04	0,954
18	Normal	1,109	42,88	0,949
19	Normal	1,183	42,87	0,943
20	Normal	1,071	42,94	0,959
21	Normal	1,092	42,76	0,950
22	Normal	1,171	42,89	0,946

Tabela 18. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de fevereiro de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,470	41,29	0,941
1	Normal	0,686	41,53	0,938
2	Normal	0,848	41,61	0,941
4	Normal	1,026	41,42	0,948
6	Normal	0,945	40,86	0,947
9	Normal	1,069	40,83	0,951
12	Normal	1,026	40,91	0,945
14	Normal	1,059	40,60	0,943
16	Normal	1,230	40,78	0,947
18	Normal	1,118	40,95	0,938
19	Normal	1,184	40,73	0,942
20	Normal	1,025	40,79	0,955
21	Normal	1,192	40,65	0,951
22	Normal	1,249	40,72	0,948

Tabela 19. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 01 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,468	41,41	0,935
1	Normal	0,642	41,68	0,947
2	Normal	0,826	41,33	0,950
4	Normal	0,874	41,86	0,951
6	Normal	0,896	41,24	0,942
9	Normal	1,032	41,66	0,952
12	Normal	1,093	40,78	0,943
14	Normal	1,091	41,64	0,952
16	Normal	1,165	41,59	0,940
18	Normal	1,145	40,99	0,964
19	Normal	1,061	41,65	0,953
20	Normal	1,076	41,40	0,947
21	Normal	1,152	40,71	0,943
22	Normal	1,097	41,51	0,949

Tabela 20. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 08 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,510	41,29	0,944
1	Normal	0,711	41,54	0,953
2	Normal	0,775	41,55	0,952
4	Normal	0,879	41,31	0,963
6	Normal	1,016	41,53	0,955
9	Normal	0,882	42,35	0,945
12	Normal	1,049	41,48	0,950
14	Normal	0,990	41,82	0,942
16	Normal	1,029	41,29	0,953
18	Normal	0,959	41,03	0,933
19	Normal	1,149	40,01	0,949
20	Normal	1,217	41,50	0,946
21	Normal	1,149	41,82	0,942
22	Normal	1,003	41,66	0,946

Tabela 21. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 22 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,369	42,36	0,937
1	Normal	0,556	42,74	0,950
2	Normal	0,636	42,82	0,953
4	Normal	0,827	42,73	0,949
6	Normal	1,045	42,97	0,939
9	Normal	1,166	42,20	0,947
12	Normal	1,155	42,68	0,953
14	Normal	1,241	41,63	0,942
16	Normal	1,406	42,25	0,942
18	Normal	1,177	42,40	0,954
19	Normal	1,209	42,06	0,947
20	Normal	1,272	42,13	0,937
21	Normal	1,146	41,94	0,943
22	Normal	1,487	42,25	0,947

Tabela 22. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 23 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,717	41,97	0,943
1	Normal	0,643	41,40	0,950
2	Normal	0,820	41,73	0,952
4	Normal	0,863	42,18	0,946
6	Normal	1,012	41,65	0,945
9	Normal	1,057	41,46	0,941
12	Normal	1,090	41,63	0,951
14	Normal	1,221	41,40	0,941
16	Normal	1,214	41,06	0,948
18	Normal	1,288	40,95	0,951
19	Normal	1,175	39,93	0,944
20	Normal	1,292	41,03	0,941
21	Normal	1,230	41,34	0,939
22	Normal	1,215	41,78	0,946

Tabela 23. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,455	41,72	0,949
1	Normal	0,643	42,14	0,950
2	Normal	0,823	41,76	0,951
4	Normal	0,903	41,25	0,944
6	Normal	1,034	40,81	0,951
9	Normal	1,101	41,54	0,942
12	Normal	1,080	41,12	0,942
14	Normal	0,960	41,25	0,943
16	Normal	1,142	41,01	0,941
18	Normal	1,089	41,45	0,959
19	Normal	1,103	41,83	0,932
20	Normal	0,997	41,35	0,942
21	Normal	1,180	41,41	0,957
22	Normal	1,155	41,41	0,941

Tabela 24. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 27 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A _w
0	Normal	0,346	42,54	0,962
1	Normal	0,629	43,03	0,959
2	Normal	0,668	43,58	0,945
4	Normal	0,911	43,27	0,941
6	Normal	1,030	43,08	0,943
9	Normal	1,109	43,31	0,938
12	Normal	1,067	43,20	0,943
14	Normal	1,179	42,86	0,951
16	Normal	1,101	42,84	0,941
18	Normal	1,205	42,90	0,949
19	Normal	1,522	43,63	0,947
20	Normal	1,746	42,74	0,950
21	Normal	1,311	42,99	0,950
22	Normal	1,162	42,94	0,943

Tabela 25. Resultados de dureza, humidade e atividade da água obtidos do dia 28 de março de 2017

DDV	Avaliação sensorial	Dureza (Kg)	Humidade (%)	A_w
0	Normal	0,437	41,67	0,956
1	Normal	0,677	42,00	0,948
2	Normal	0,854	41,99	0,944
4	Normal	0,891	41,91	0,944
6	Normal	1,062	41,99	0,946
9	Normal	1,031	41,67	0,938
12	Normal	1,279	41,54	0,934
14	Normal	1,129	41,31	0,946
16	Normal	1,174	41,57	0,938
18	Normal	1,127	41,56	0,936
19	Normal	1,167	41,74	0,938
20	Normal	1,135	41,57	0,947
21	Normal	1,087	41,50	0,937
22	Normal	1,128	41,55	0,945

Tendo por base todas as tabelas supramencionadas nos resultados para os pães do grupo B, construíram-se também gráficos de dureza, humidade e atividade da água de forma a avaliar com mais precisão o comportamento do pão ao longo do seu tempo de vida, do mesmo modo que foi efetuado para os pães do grupo A.

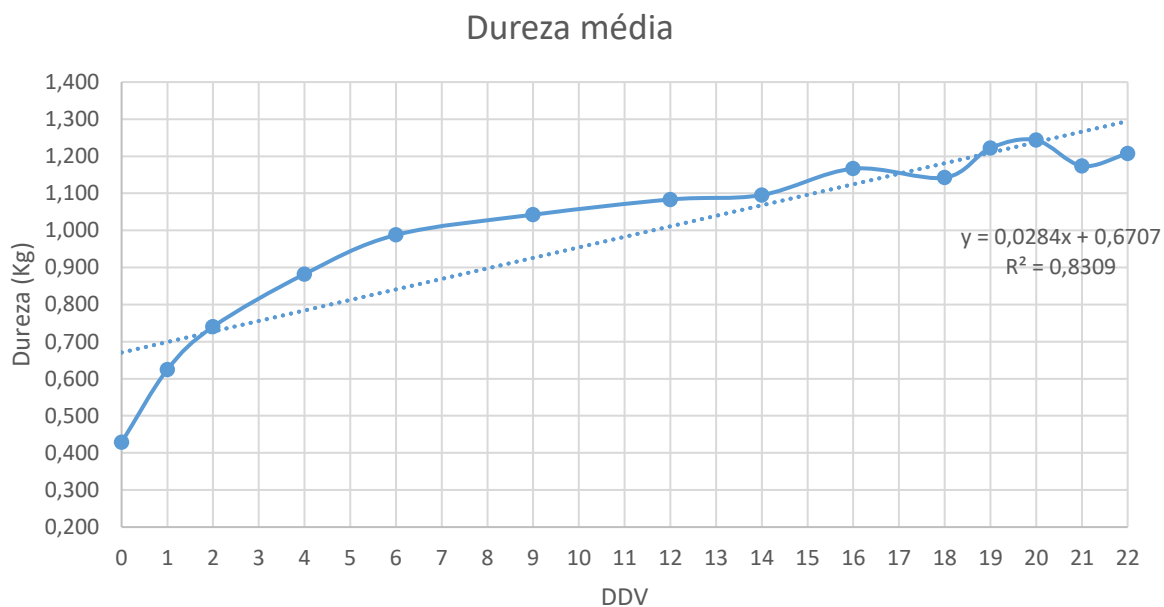


Figura 55. Evolução da dureza nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida

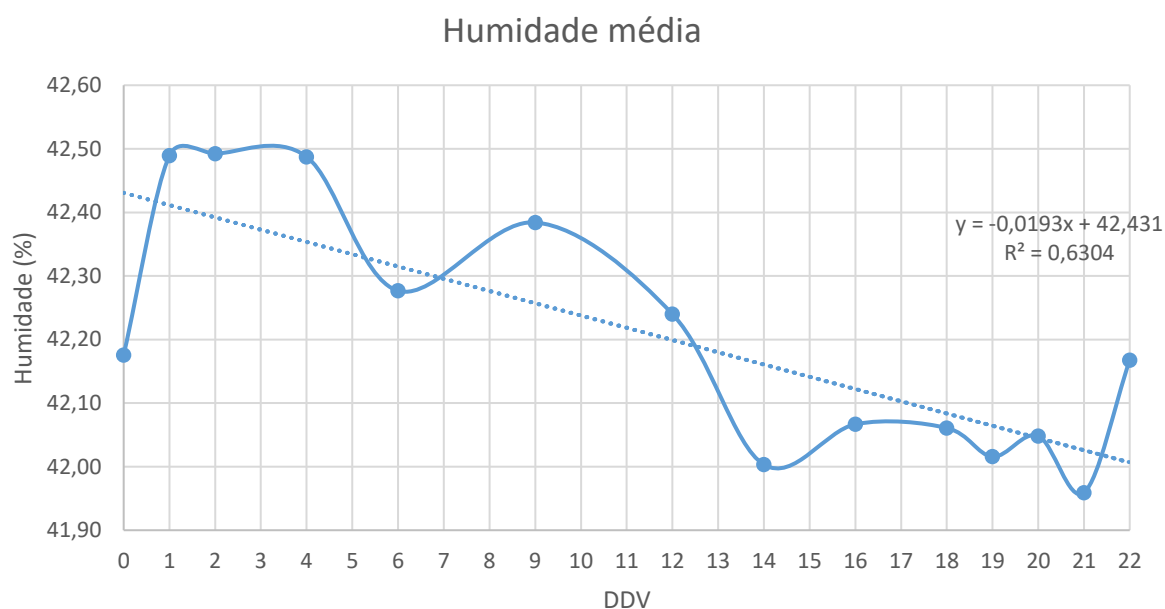


Figura 56. Evolução do teor de humidade nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida

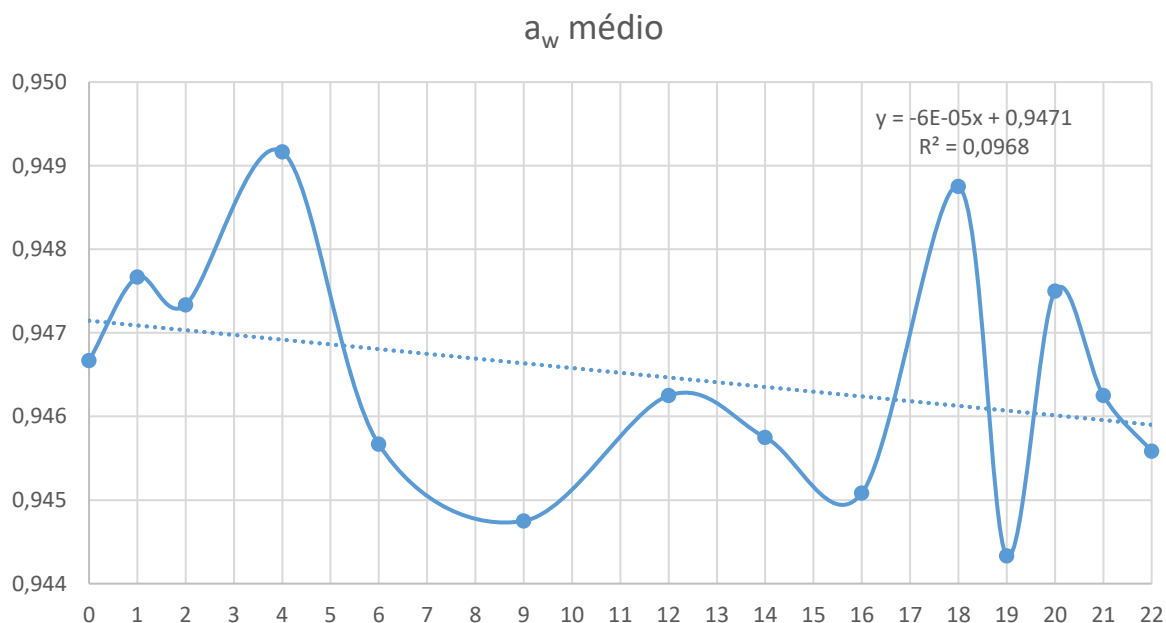


Figura 57. Evolução da atividade da água nos pães do grupo B ao longo de 22 dias de vida

À semelhança dos resultados do grupo A, as amostras do grupo B obtiveram evoluções semelhantes ao longo dos dias de vida em todos os parâmetros em estudo, o que vai mais uma vez de encontro ao expectável. No entanto é possível verificar algumas diferenças no que toca aos valores de textura e humidade. Pela visualização das tabelas 17 – 25 ou, mais facilmente observado pelas Figuras 55 e 56, é possível averiguar que os valores de dureza e humidade são ligeiramente mais elevados para este grupo.

Através da observação das tabelas do Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, relativas a pão de trigo e pão de trigo integral, verifica-se que pães produzidos a partir farinha de trigo integral apresentam um conteúdo de água superior a pães produzidos com farinha refinada. Isto deve-se ao facto de um pão produzido com farinha integral apresentar um poder de absorção de água superior a pães feitos a partir de farinhas de trigo refinadas, o que se reflete no teor final de humidade. Além disso as farinhas integrais possuem na sua constituição tanto o endosperma, comum às farinhas refinadas, como também o gérmen e o farelo. Estas partes do grão de trigo contêm um teor de humidade de aproximadamente 14%, 11,7% e 13,3%, respetivamente. Visto que uma farinha não refinada possui todas as três partes é expectável que o seu teor de humidade seja superior às farinhas brancas, que só possuem o endosperma. Além disto numa farinha integral os constituintes presentes no farelo, como o caso da fibra por exemplo, interferem com alguns fenómenos na panificação, como a formação da rede de glúten. Ainda não se sabe ao certo o porquê, mas alguns estudos apontam para que

as partículas do farelo representem áreas de descontinuidade que enfraquecem a rede de glúten, tornando-a menos elástica, interferindo com a retenção de gás levando a um pão com um volume menor. Para contrariar este problema tecnológico é adicionado glúten de trigo, como é possível verificar pela Figura 21, que apresenta cerca de 8% de humidade, aumentando-a ligeiramente no produto final. (INSA, 2015b) (INSA, 2015a) (Manley, Pareyt, & Delcour, 2011) (Stanley P. Cauvain, 2017b) (Steinfurth et al., 2012) (Katina, Salmenkallio-Marttila, Partanen, Forssell, & Autio, 2006)

No que diz respeito à dureza, esta evolução nos valores deve-se aos constituintes nutricionais do pão, sendo que a formação da estrutura do glúten e a gelatinização do amido têm um impacto direto na textura do mesmo. Através da comparação entre as Figuras 20 e 21 é possível afirmar que pães integrais apresentam um teor proteico mais elevado comparativamente a pães como os do grupo A (9,5g e 8,2g, respetivamente), devido, não só à adição de glúten de trigo para potenciar o desenvolvimento da massa, mas também devido à presença de proteínas presentes no farelo. Este incremento no teor proteico faz com que o pão apresente um miolo mais duro relativamente a pães de farinha de trigo refinada. Além do mais, o teor em fibra de um pão influencia significativamente a sua dureza, sendo que neste caso, um pão do grupo B apresenta cerca do dobro do conteúdo em fibra que um pão do grupo A (6,5g e 3,0g, respetivamente), de acordo com a tabela nutricional de cada pão. Pães produzidos a partir de farinha de trigo refinada possuem mais amido relativamente aos pães produzidos com farinha integral, e sabe-se que quando mais amido mais estruturas gelatinizadas do mesmo se formam, tornando o pão mais fofo, o que se verifica pela comparação dos valores de dureza entre os dois grupos de pão. (Stanley P. Cauvain, 2017b) (Curti, Carini, Bonacini, Tribuzio, & Vittadini, 2013) (Bukša et al., 2010) (INSA, 2015b) (INSA, 2015a) (Figoni, 2008b)

8. Conclusões

De forma a dar resposta às exigências do consumidor, as indústrias alimentares apostam cada vez mais na qualidade dos seus produtos. De modo a almejar a qualidade de um produto, deve-se apostar no controlo do mesmo, controlando todas as etapas de fabricação, desde a receção das matérias-primas até à sua comercialização.

Com este princípio em mente, realizou-se um caso de estudo, descrito no ponto 7, com o objetivo de acompanhamento de características físico-químicas de pães produzidos a partir de farinhas refinadas e de farinhas integrais. A partir da monitorização da dureza, humidade e atividade da água, foram possíveis retirar conclusões que explicam o comportamento dos pães durante o seu armazenamento.

Os fenómenos de *staling* são a principal causa das perdas reológicas do pão ao longo do tempo. Este tipo de alterações é maioritariamente provocado pela retrogradação do amido, onde o amido gelatinizado ou amorfo se converte numa estrutura cristalina mais resistente e compacta, bem como pela migração de água pelo produto, respeitando o gradiente miolo-côdea. A partir dos resultados obtidos foi possível correlacionar alguns aspetos da composição nutricional dos pães com os efeitos provocados pelo *staling*.

No que diz respeito à dureza é expectável que esta, ao longo do tempo de prateleira, aumente, sendo que uma das explicações para tal fenómeno, para além do facto de existir migração da água dentro da matriz alimentar, recai sobre o conteúdo proteico do pão. Concluiu-se que pães com um teor proteico mais elevado, tendem a apresentar valores de dureza maiores, sendo que a presença de amido revelou ter um efeito contrário, quanto maior o conteúdo de grânulos de amido, mais fofo se torna o pão.

Relativamente à humidade, concluiu-se que pães integrais apresentam um maior teor em humidade que os pães de farinha refinada, isto porque para além das farinhas integrais possuírem mais dois constituintes do grão de trigo (gérmen e farelo) em relação às farinhas refinadas, as primeiras apresentam um alto poder de absorção da água.

Por fim a atividade da água é um dos parâmetros de verificação mais importante numa indústria alimentar, pois promove o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes. Concluiu-se que apesar de mínimo, existe um decréscimo deste valor ao longo do tempo de prateleira do pão.

De forma a contrariar os efeitos provocados pelo *staling*, as indústrias de panificação apostam no uso de agentes *anti-staling*, que potenciam uma qualidade superior no pão,

9. Bibliografia

- AACC. (1999). AACC 74-09 *Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine*.
- Ai, Y., & Jane, J. I. (2016). Starch: Structure, Property, and Determination *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 165-174). Oxford: Academic Press.
- Akoh, C. C., & Min, D. B. (2008). *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology, Third Edition*: Taylor & Francis.
- Amigo, J. M., del Olmo Alvarez, A., Engelsens, M. M., Lundkvist, H., & Engelsens, S. B. (2016). Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic α -amylases. Part 1: Spatial distribution and kinetic modeling of hardness and resilience. *Food Chemistry*, 208, 318-325.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013a). Buckwheat *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 369-408): Woodhead Publishing.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013b). Maizes *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 67-115e): Woodhead Publishing.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013c). Rice *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 114-154): Woodhead Publishing.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013d). Rye *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 220-243e): Woodhead Publishing.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013e). Wheat and other Triticum grains *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* (pp. 1-67e): Woodhead Publishing.
- Belderok, B., Mesdag, H., & Donner, D. A. (2013). *Bread-making quality of wheat: A century of breeding in Europe*: Springer Netherlands.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Cereals and Cereal Products: Structure of Wheat Gluten *Food Chemistry* (4th ed., pp. 691-695): Springer.
- Belitz, H. D., Burghagen, M., Grosch, W., & Schieberle, P. (2004). *Food Chemistry*: Springer Berlin Heidelberg.
- Bent, A. J., Bennion, E. B., & Bamford, G. S. T. (2013a). Eggs and egg products *The Technology of Cake Making* (pp. 18-24): Springer US.
- Bent, A. J., Bennion, E. B., & Bamford, G. S. T. (2013b). Sugars *The Technology of Cake Making* (pp. 84-99): Springer US.
- Besbes, E., Jury, V., Monteau, J. Y., & Le Bail, A. (2014). Effect of baking conditions and storage with crust on the moisture profile, local textural properties and staling kinetics of pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 658-666.
- Biliaderis, C. G. (2009). Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch *Starch (Third Edition)* (pp. 293-372). San Diego: Academic Press.
- Birch, A. N., van den Berg, F. W. J., & Hansen, Å. S. (2013). Expansion profiles of wheat doughs fermented by seven commercial baker's yeasts. *Journal of Cereal Science*, 58(2), 318-323.
- Bock, J. E., Wrigley, C. W., & Walker, C. E. (2016). Bakeries: The Source of Our Unique Wheat-Based Food, Bread *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* (pp. 335-342). Oxford: Academic Press.
- Buksa, K., Nowotna, A., Praznik, W., Gambuś, H., Ziobro, R., & Krawontka, J. (2010). The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. *Food Research International*, 43(8), 2045-2051.
- Cauvain, S. (2012). Breadmaking: an overview *Breadmaking (Second edition)* (pp. 9-31): Woodhead Publishing.
- Cauvain, S. P. (2016). Bread: Breadmaking Processes *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 478-483). Oxford: Academic Press.
- Cauvain, S. P. (2017a). Pastries *Baking Problems Solved (Second Edition)* (pp. 331-374): Woodhead Publishing.

- Cauvain, S. P. (2017b). Raw Materials *Baking Problems Solved (Second Edition)* (pp. 33-144): Woodhead Publishing.
- Clifton, P., & Keogh, J. (2016). Starch *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 146-151). Oxford: Academic Press.
- Collar, C. (2016). Bread: Types of Bread *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 500-507). Oxford: Academic Press.
- Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G., & Vittadini, E. (2013). Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 325-332.
- Czuchajowska, Z., & Pomeranz, Y. (1989). Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. *Cereal Chemistry*, 66 (4), 305-309.
- Decreto-Lei n.º 306/2007 (2007).
- Eliasson, A. C. (2012). Wheat starch structure and bread quality *Breadmaking (Second edition)* (pp. 123-148): Woodhead Publishing.
- Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C., & Piga, A. (2014). Bread Staling: Updating the View. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 473-492.
- Fellows, P. J. (2017). Packaging *Food Processing Technology (Fourth Edition)* (pp. 949-1044): Woodhead Publishing.
- Figoni, P. I. (2008a). Gluten. *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science* (2nd ed., pp. 117-138): John Wiley & Sons, Incorporated.
- Figoni, P. I. (2008b). Overview of the Baking Process. *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science* (2nd ed., pp. 27-47): John Wiley & Sons, Incorporated.
- Figoni, P. I. (2008c). Wheat Flour. *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Science* (2nd ed., pp. 67-99): John Wiley & Sons, Incorporated.
- Gally, T., Rouaud, O., Jury, V., Havet, M., Ogé, A., & Le-Bail, A. (2017). Proofing of bread dough assisted by ohmic heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 55-62.
- Gao, J., Koh, A. H. S., Tay, S. L., & Zhou, W. (2017). Dough and bread made from high- and low-protein flours by vacuum mixing: Part 1: Gluten network formation. *Journal of Cereal Science*, 74, 288-295.
- Gerits, L. R., Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2015). Wheat starch swelling, gelatinization and pasting: Effects of enzymatic modification of wheat endogenous lipids. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 361-366.
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311-325.
- Hajšelová, M., & Alldrick, A. J. (2003). Analysing wheat and flour *Bread Making* (pp. 187-199): Woodhead Publishing.
- Helou, C., Jacolot, P., Niquet-Léridon, C., Gadonna-Widehem, P., & Tessier, F. J. (2016). Maillard reaction products in bread: A novel semi-quantitative method for evaluating melanoidins in bread. *Food Chemistry*, 190, 904-911.
- Hesso, N., Loisel, C., Chevallier, S., Marti, A., Le-Bail, P., Le-Bail, A., & Seetharaman, K. (2015). The role of ingredients on thermal and rheological properties of cake batters and the impact on microcake texture. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1171-1178.
- Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2014). BREAD | Bread from Wheat Flour. In C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 303-308). Oxford: Academic Press.
- INSA. (2015a). Pão de Trigo. Consultado a: 13-06-2017, Disponível em: <http://www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetailheAlimento.aspx?ID=IS429>
- INSA. (2015b). Pão de Trigo Integral. Consultado a: 13-06-2017, Disponível em: <http://www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetailheAlimento.aspx?ID=IS433>

- Jha, P. K., Chevallier, S., Cheio, J., Rawson, A., & Le-Bail, A. (2017). Impact of resting time between mixing and shaping on the dough porosity and final cell distribution in sandwich bread. *Journal of Food Engineering*, 194, 15-23.
- Juliano, B. O. (2016). Rice: Overview *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* (pp. 125-129). Oxford: Academic Press.
- Kamal-Eldin, A. (2016). Dietary Fiber: Bran *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 378-382). Oxford: Academic Press.
- Katina, K., Salmenkallio-Marttila, M., Partanen, R., Forssell, P., & Autio, K. (2006). Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 39(5), 479-491.
- Licciardello, F., Giannone, V., Del Nobile, M. A., Muratore, G., Summo, C., Giannetti, M., . . . Pasqualone, A. (2017). Shelf life assessment of industrial durum wheat bread as a function of packaging system. *Food Chemistry*, 224, 181-190.
- Ma, J. (2017). Determination of chemical oxygen demand in aqueous samples with non-electrochemical methods. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 14, 37-43.
- Magan, N., Aldred, D., & Arroyo, M. (2012). Mould prevention in bread. *Breadmaking (Second edition)* (pp. 597-613): Woodhead Publishing.
- Manley, D., Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2011). Wheat flour and vital wheat gluten as biscuit ingredients *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (Fourth edition)* (pp. 109-133): Woodhead Publishing.
- Marsh, D., & Cauvain, S. (2007). Mixing and Dough Processing *Technology of Breadmaking* (pp. 93-140): Springer US.
- NP 903/1987 § Diário da República, III série (1987).
- NP 904/1987 § Diário da República, III série (1987).
- O'Sullivan, M. G. (2017). Sensory Properties of Bakery and Confectionary Products *A Handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development* (pp. 305-324): Woodhead Publishing.
- Ortiz, D. E. (2016). Cakes, Muffins and Bagels *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* (pp. 30-36). Oxford: Academic Press.
- PANRICO®donuts®. (2013). A NOSSA HISTÓRIA. Consultado a: 04.01.2017, Disponível em: <http://www.panrico.com/por/historia.html>
- Portaria nº 52/2015 (2015).
- Portaria nº 75/2009 (2009).
- Purhagen, J. K., Sjö, M. E., & Eliasson, A.-C. (2011). Starch affecting anti-staling agents and their function in freestanding and pan-baked bread. *Food Hydrocolloids*, 25(7), 1656-1666.
- Renzetti, S., de Harder, R., & Jurgens, A. (2016). Puff pastry with low saturated fat contents: The role of fat and dough physical interactions in the development of a layered structure. *Journal of Food Engineering*, 170, 24-32.
- Ribeiro, S. (2016). Bimbo vende marca Panrico e fábrica em Portugal à Adam Foods. *Jornal de Negócios*. Consultado a: 20-06-2017, Disponível em: http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/comercio/detalhe/bimbo_vende_marca_panrico_e_fabrica_em_portugal_a_adam_foods
- Ringsted, T., Siesler, H. W., & Engelsen, S. B. (2017). Monitoring the staling of wheat bread using 2D MIR-NIR correlation spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 75, 92-99.
- Rosell, C. M. (2016). Bread: Chemistry of Baking *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 484-489). Oxford: Academic Press.
- Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C., & Mena, M. C. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 354-364.
- Rosell, C. M., & Collar, C. (2009). Effect of temperature and consistency on wheat dough performance. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(3), 493-502.

- Roudaut, G., & Debeaufort, F. (2010). Moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages* (pp. 143-185): Woodhead Publishing.
- Sikorski, Z. Z. E., & Kolakowska, A. (2010). *Chemical, Biological, and Functional Aspects of Food Lipids, Second Edition*: CRC Press.
- Silow, C., Zannini, E., Axel, C., Lynch, K. M., & Arendt, E. K. (2016). Effect of salt reduction on wheat-dough properties and quality characteristics of puff pastry with full and reduced fat content. *Food Research International*, 89, Part 1, 330-337.
- Steinfurth, D., Koehler, P., Seling, S., & Mühling, K. H. (2012). Comparison of baking tests using wholemeal and white wheat flour. *European Food Research and Technology*, 234(5), 845-851.
- Superbrands. (2005). *Superbrands Portugal - Panrico*. Londres: Superbrands Ltd.
- Teck Kim, Y., Min, B., & Won Kim, K. (2014). General Characteristics of Packaging Materials for Food System *Innovations in Food Packaging (Second Edition)* (pp. 13-35). San Diego: Academic Press.
- Tömösközi, S., & Békés, F. (2016). Bread: Dough Mixing and Testing Operations *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 490-499). Oxford: Academic Press.
- Vieira, E., Oliveira, B. M. P. M., Soares, M. E., & Pinho, O. (2007). Estudo do teor de sódio em pão consumido no Porto *Alimentação Humana* (Vol. 13, pp. 97-103): Sociedade Portuguesa de Ciências da Nutrição e Alimentação.
- Wang, P., Jin, Z., & Xu, X. (2015). Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage – A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2, Part A), 189-198.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30(1), 6-15.
- Wrigley, C. W. (2016). Wheat: An Overview of the Grain That Provides 'Our Daily Bread' *Reference Module in Food Science*: Elsevier.
- Young, L. S. (2012). Applications of texture analysis to dough and bread *Breadmaking (Second edition)* (pp. 562-579): Woodhead Publishing.
- Zhou, K., Slavin, M., Lutterodt, H., Whent, M., Eskin, N. A. M., & Yu, L. (2013). Cereals and Legumes *Biochemistry of Foods (Third Edition)* (pp. 3-48). San Diego: Academic Press.

10. Anexos

Anexo A. Curvas de Dureza para os pães do Grupo A

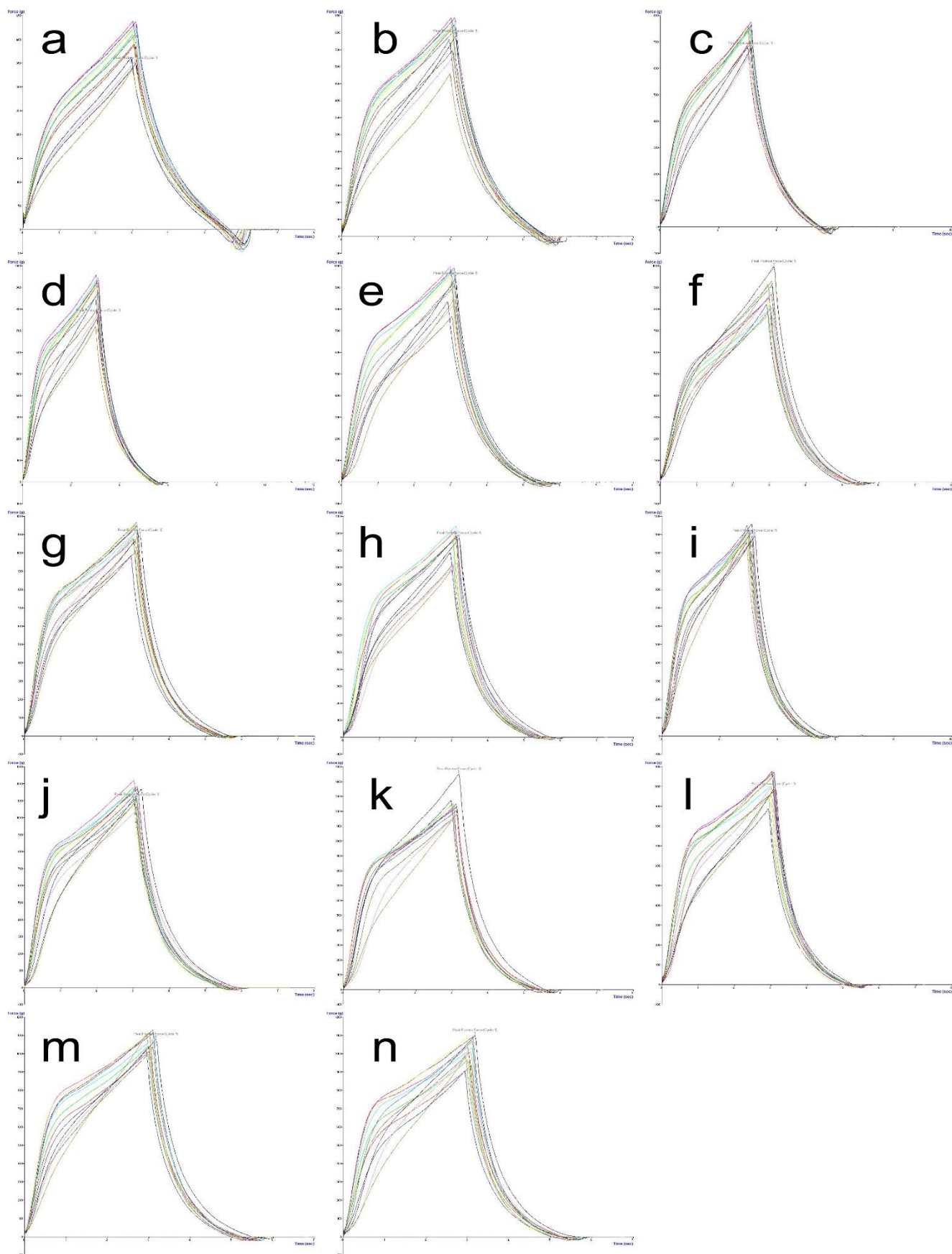


Figura 58. Curvas de dureza relativas à análise do dia 25 de janeiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

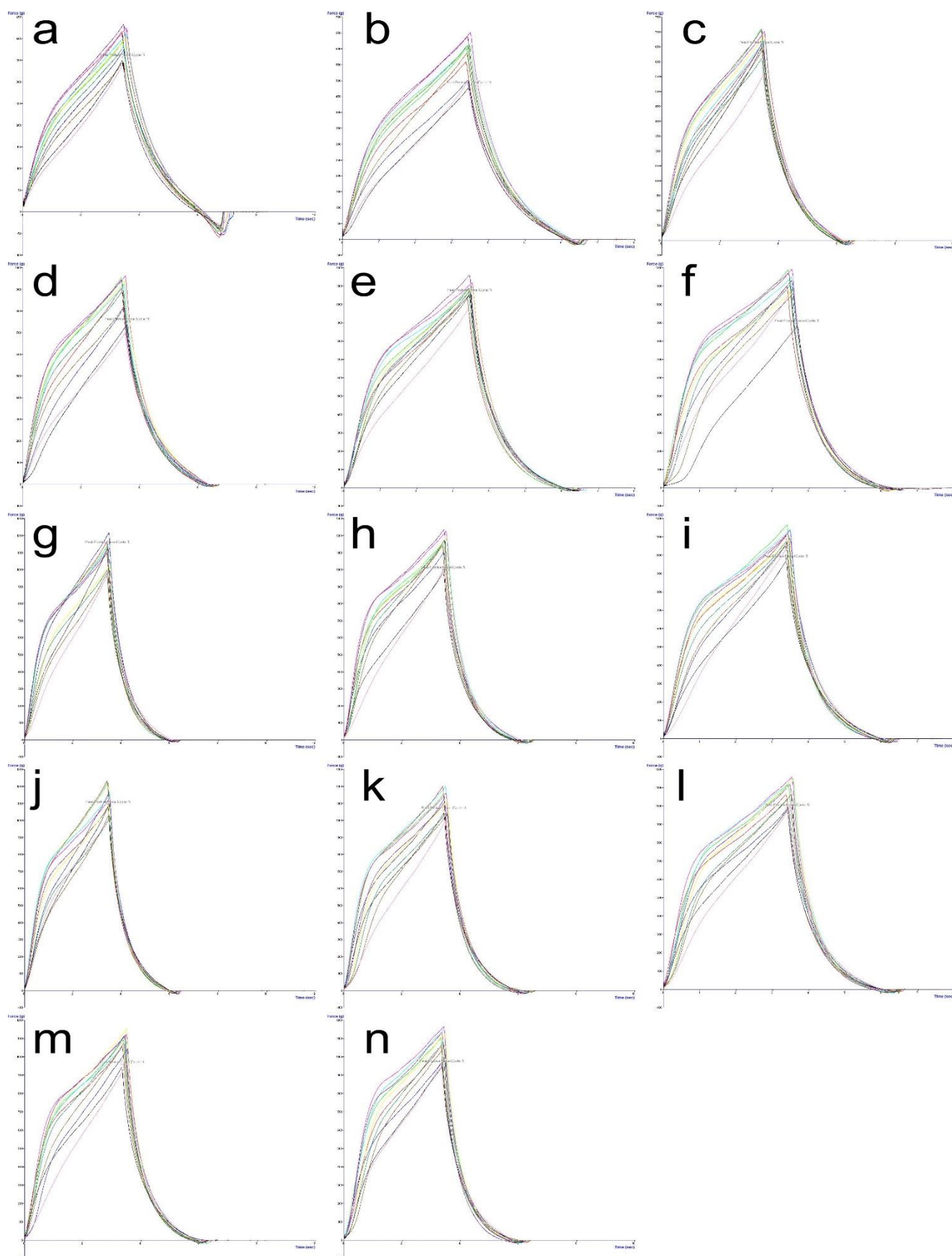


Figura 59. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

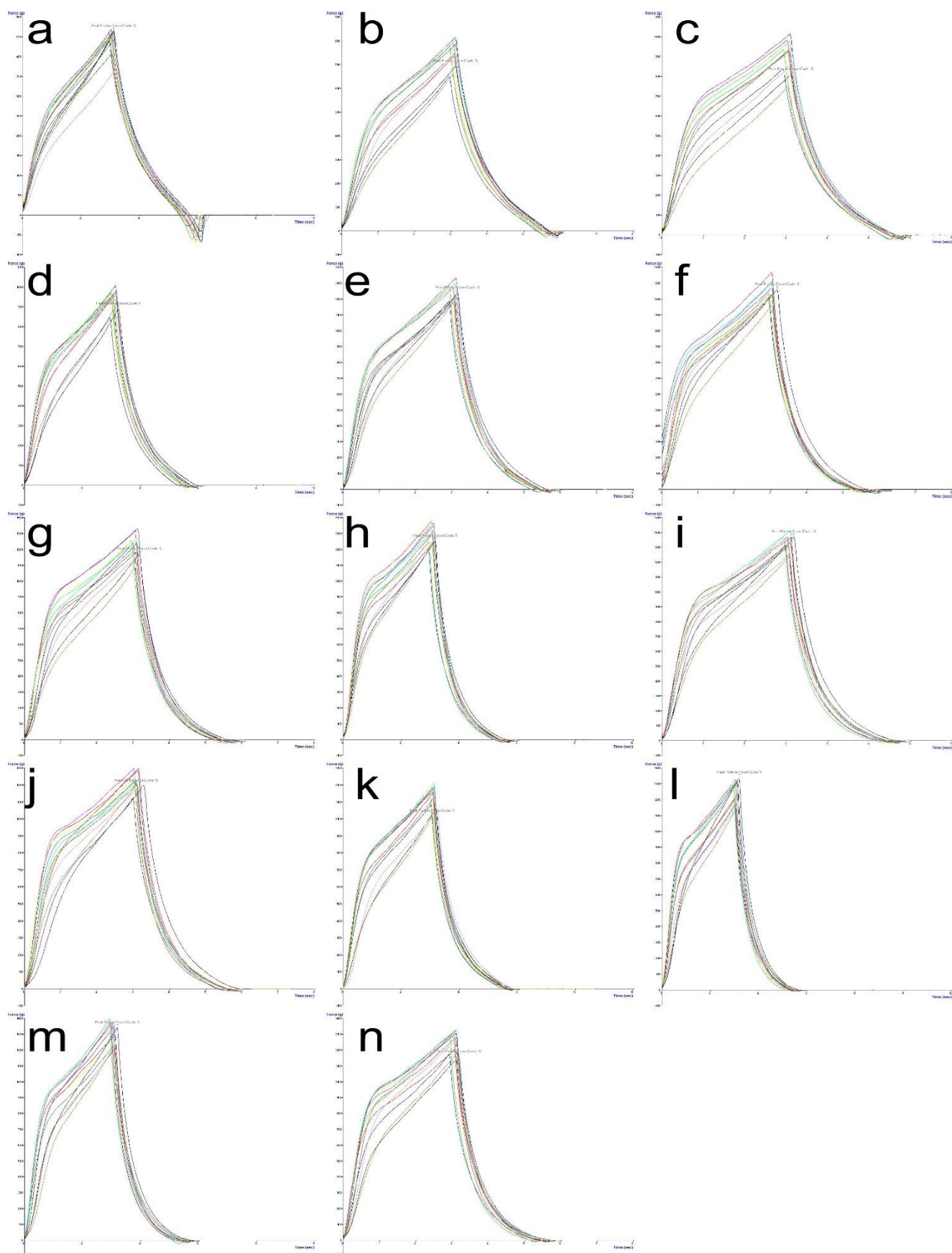


Figura 60. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

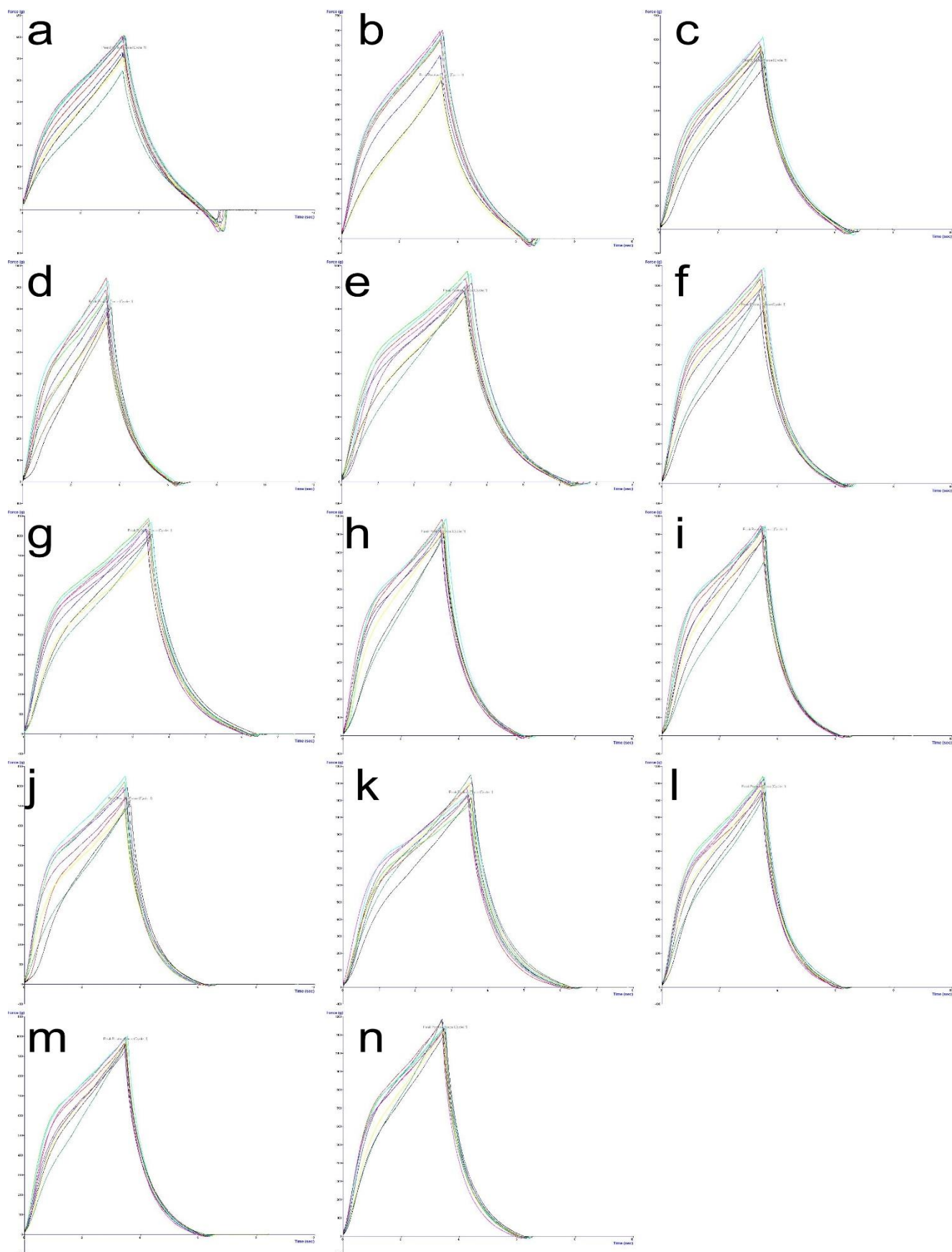


Figura 61. Curvas de dureza relativas à análise do dia 15 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

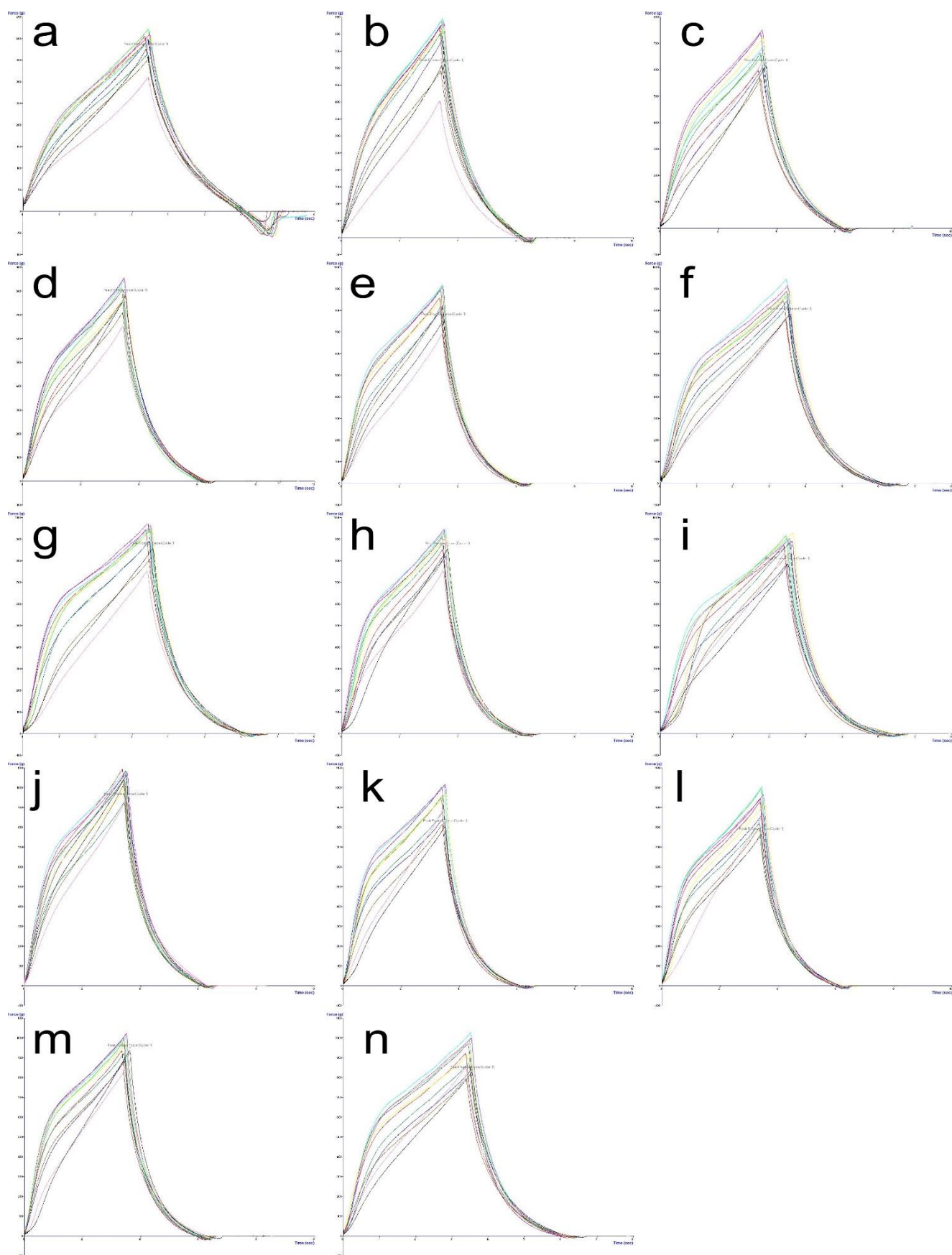


Figura 62. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

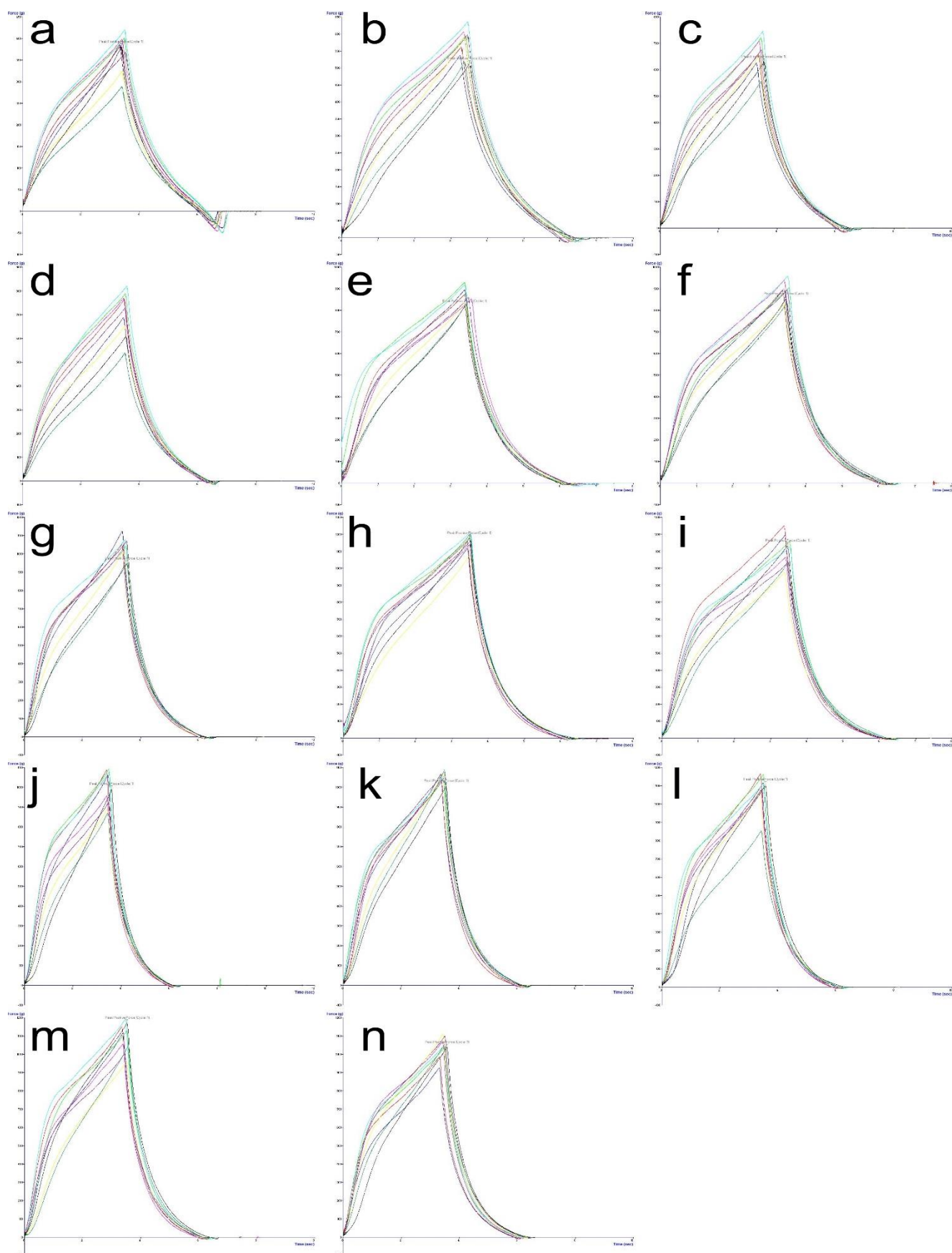


Figura 63. Curvas de dureza relativas à análise do dia 15 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

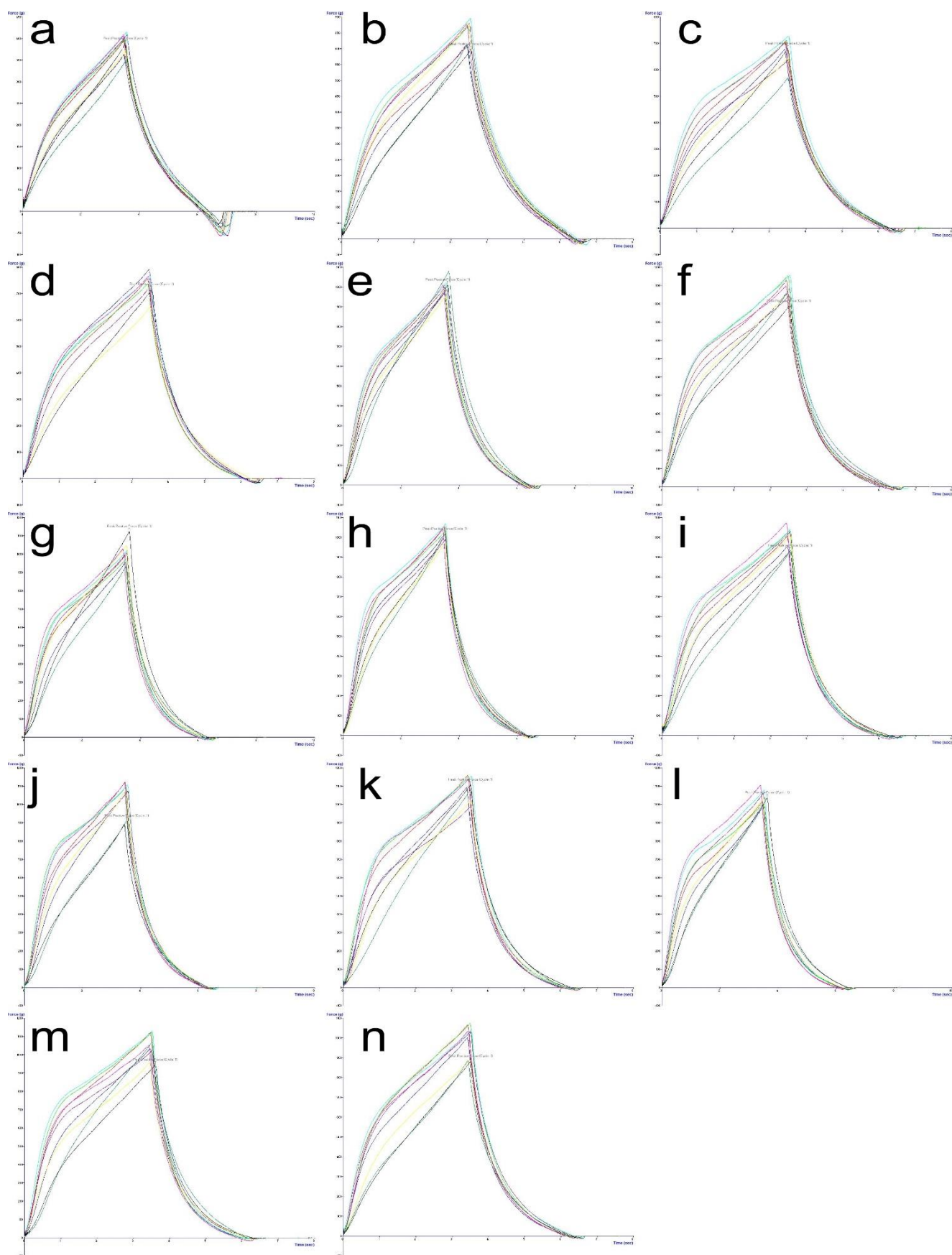


Figura 64. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

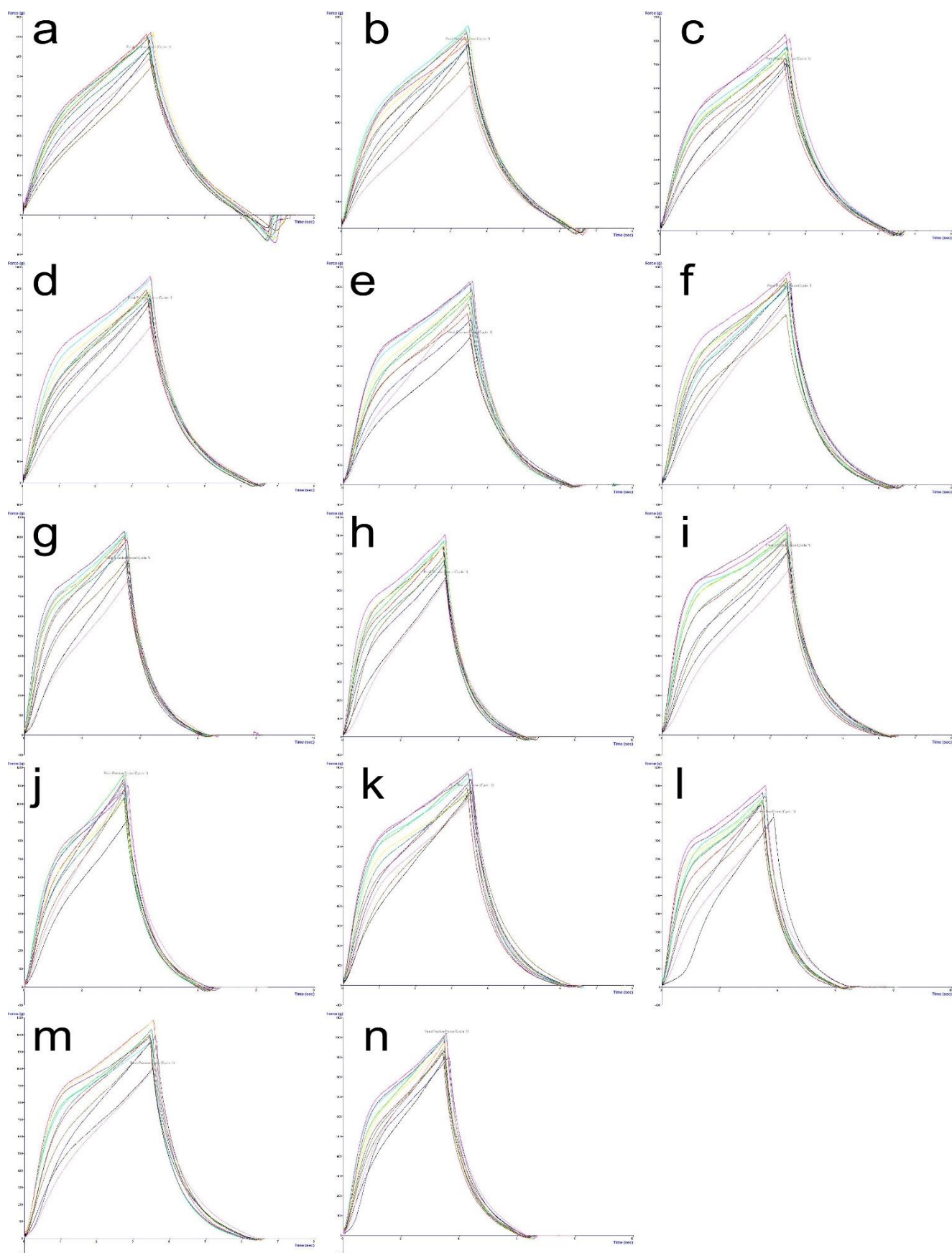


Figura 65. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

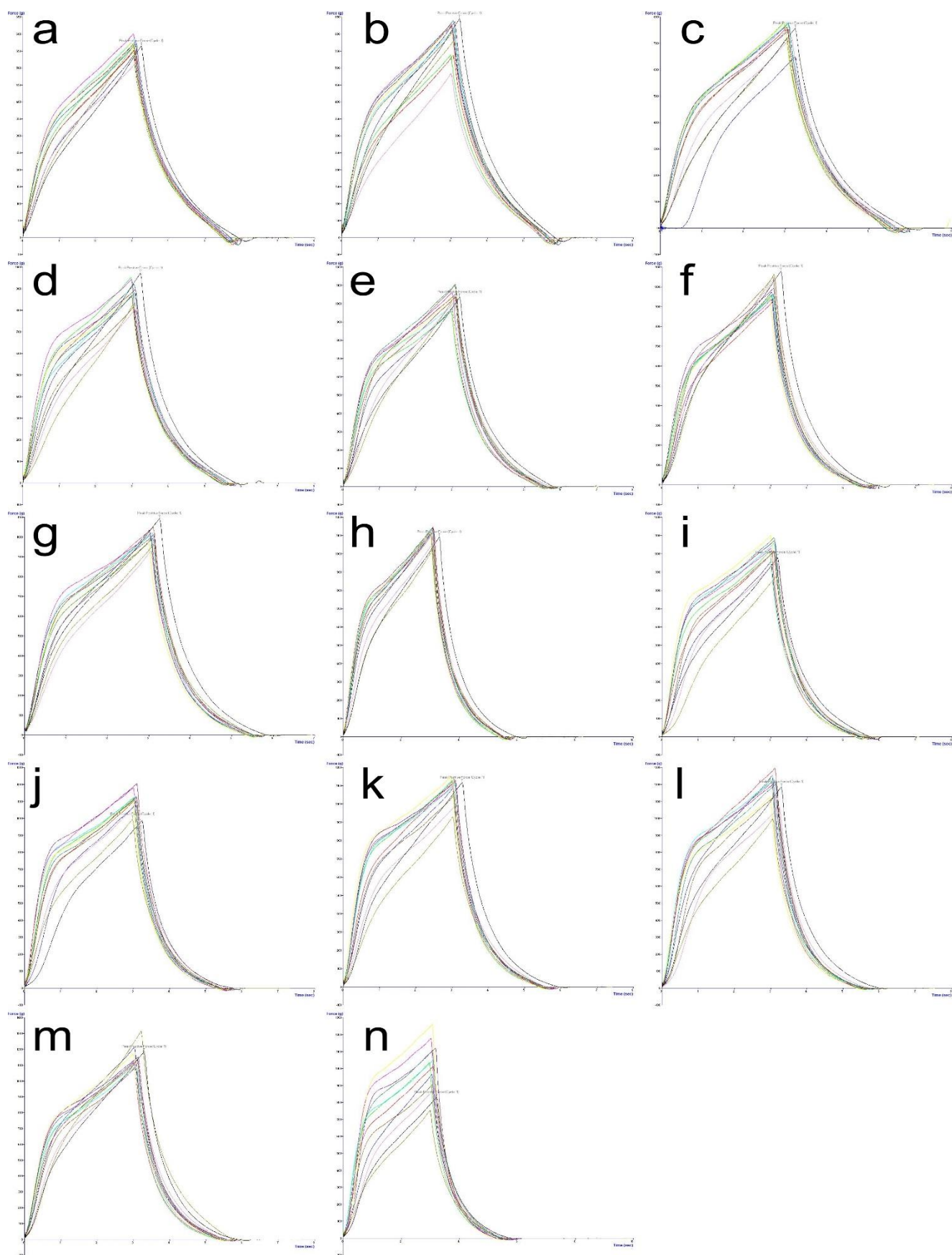


Figura 66. Curvas de dureza relativas à análise do dia 23 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

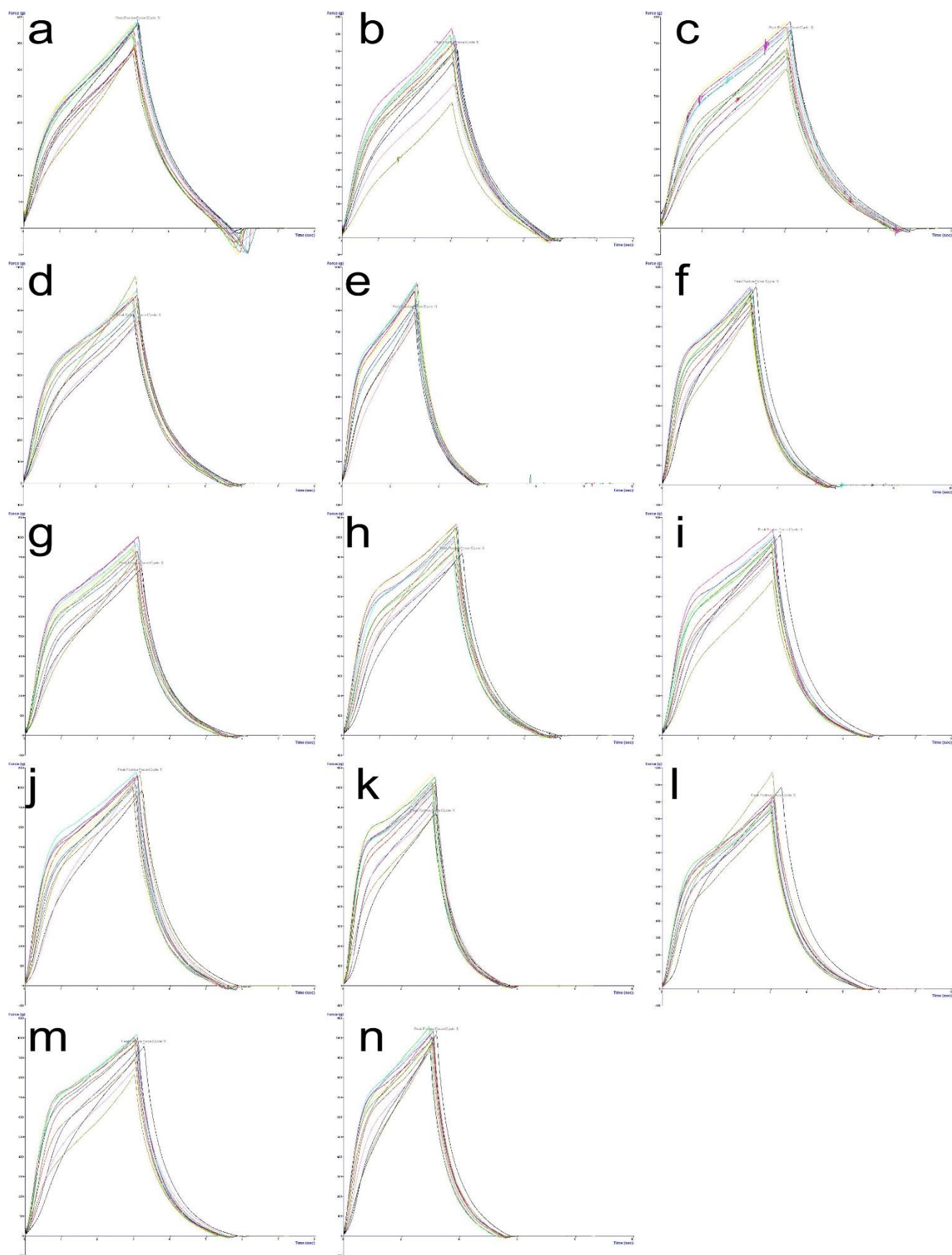


Figura 67. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

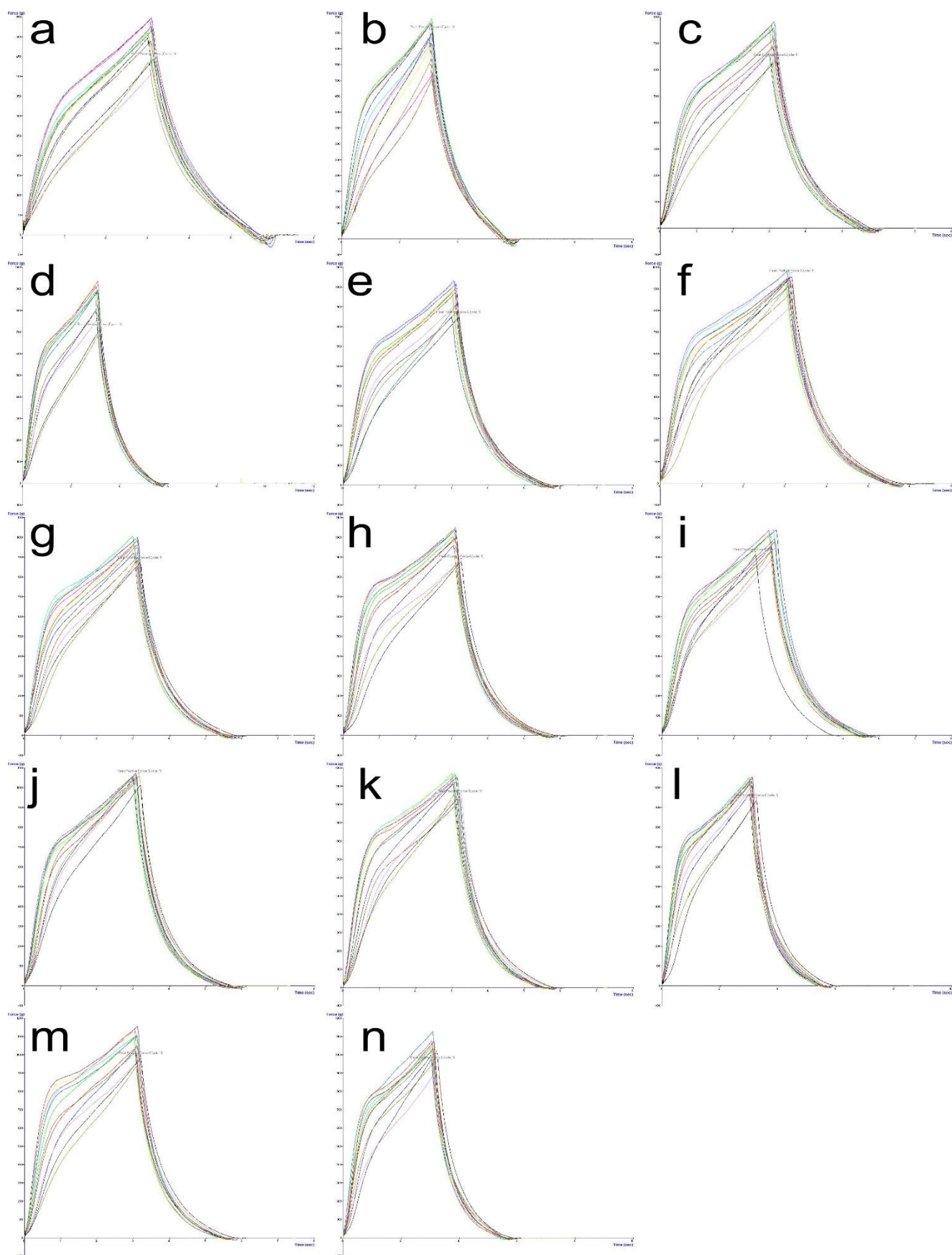


Figura 68. Curvas de dureza relativas à análise do dia 29 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

Anexo B. Curvas de Dureza para os pães do Grupo B

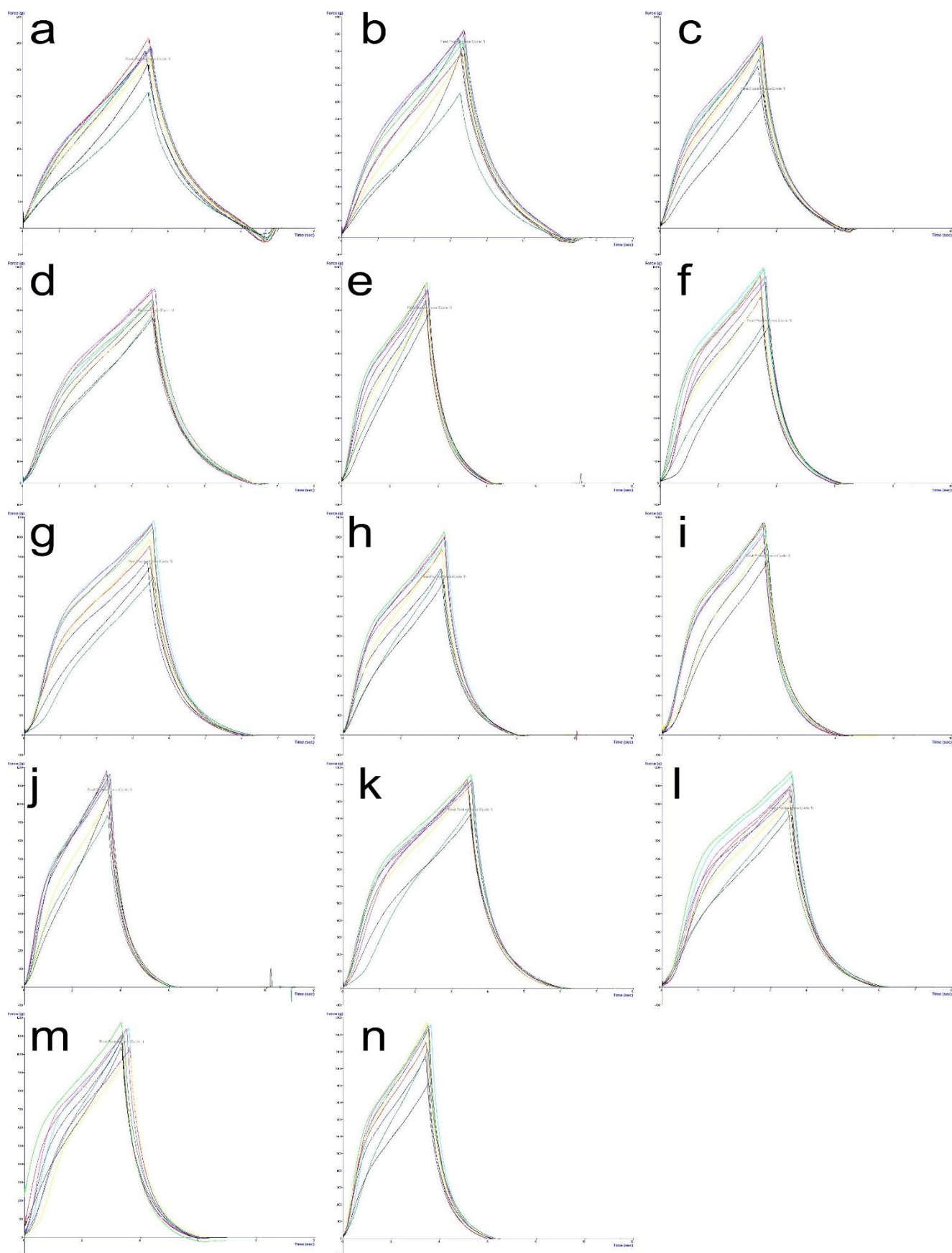


Figura 69. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de fevereiro de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

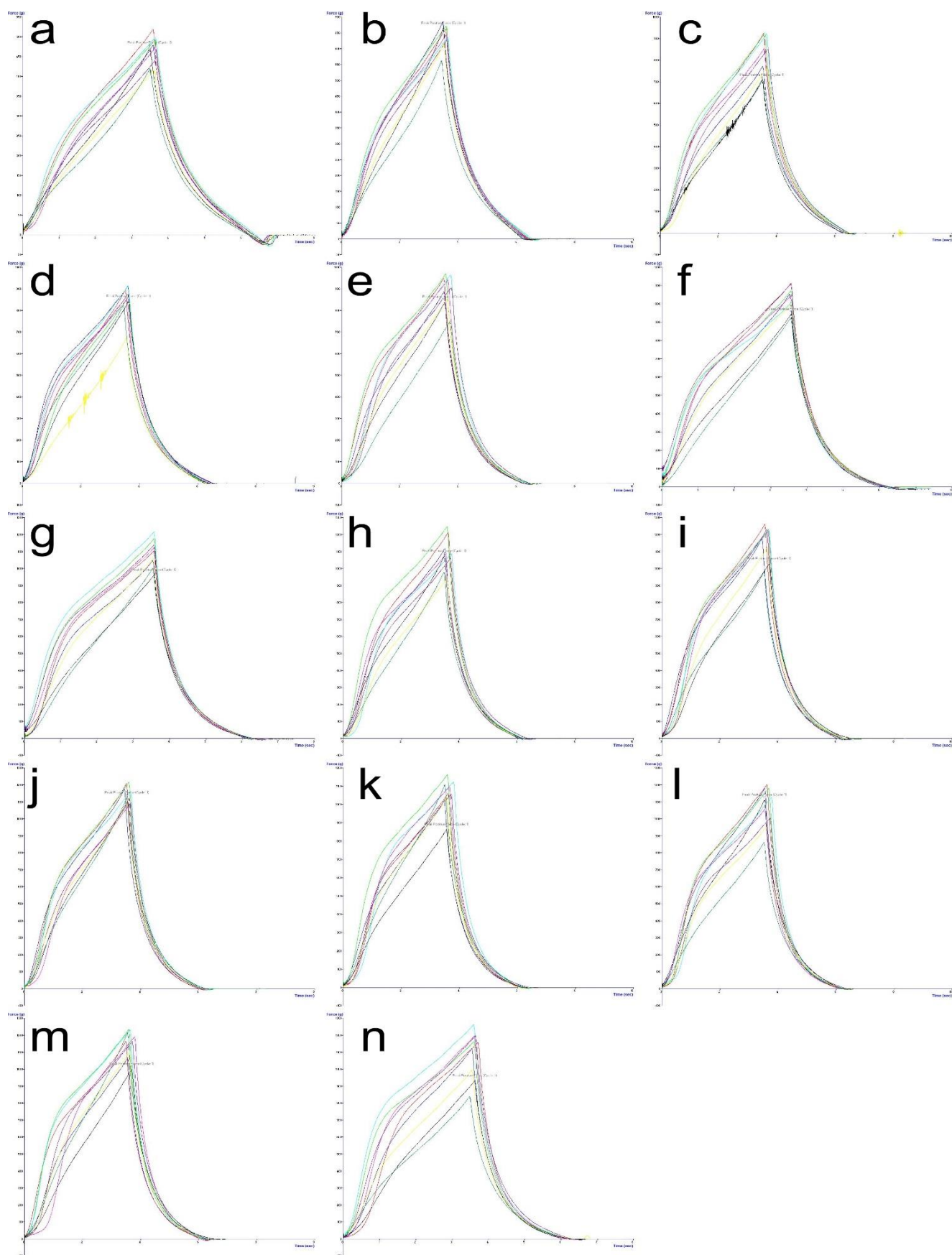


Figura 70. Curvas de dureza relativas à análise do dia 01 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

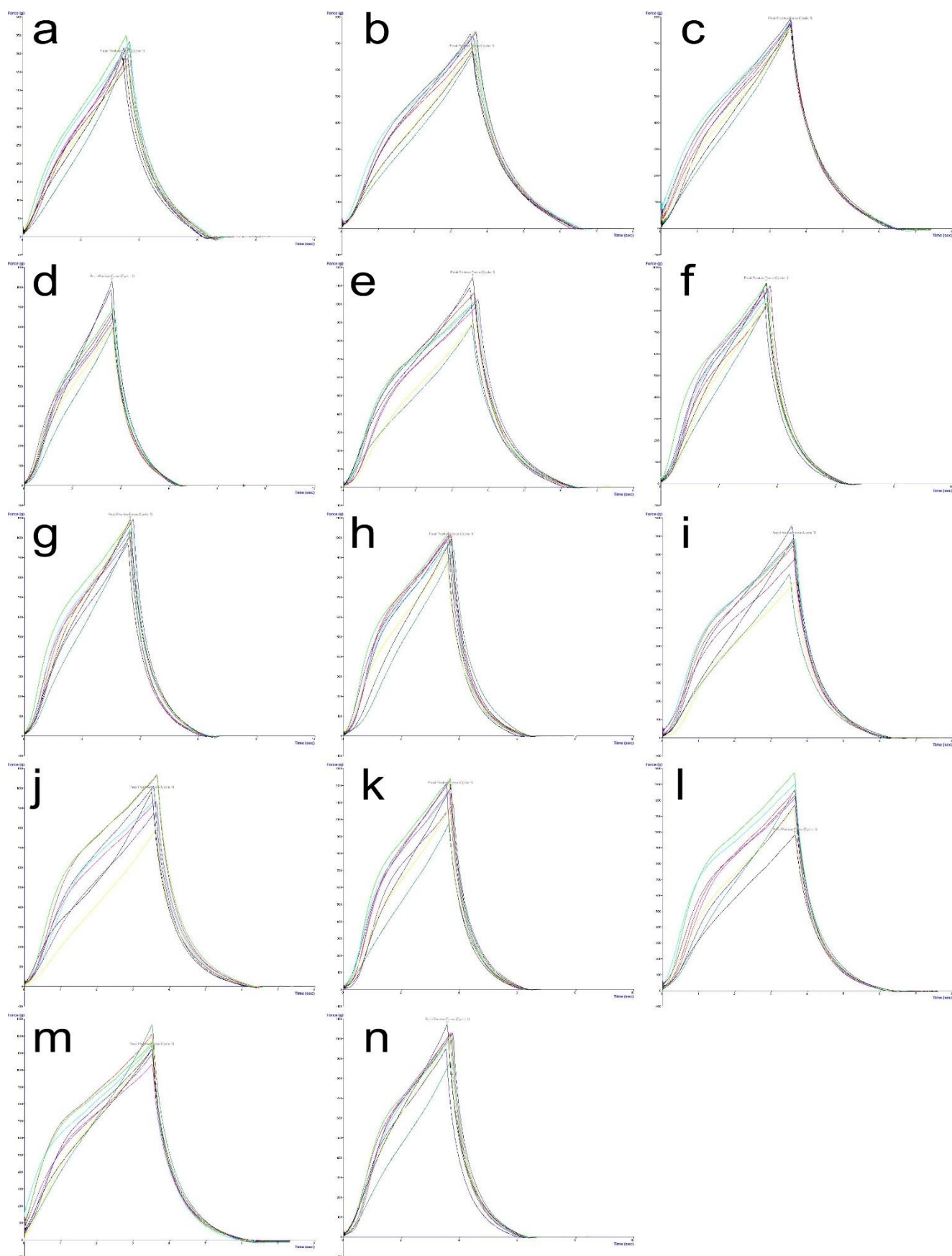


Figura 71. Curvas de dureza relativas à análise do dia 08 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

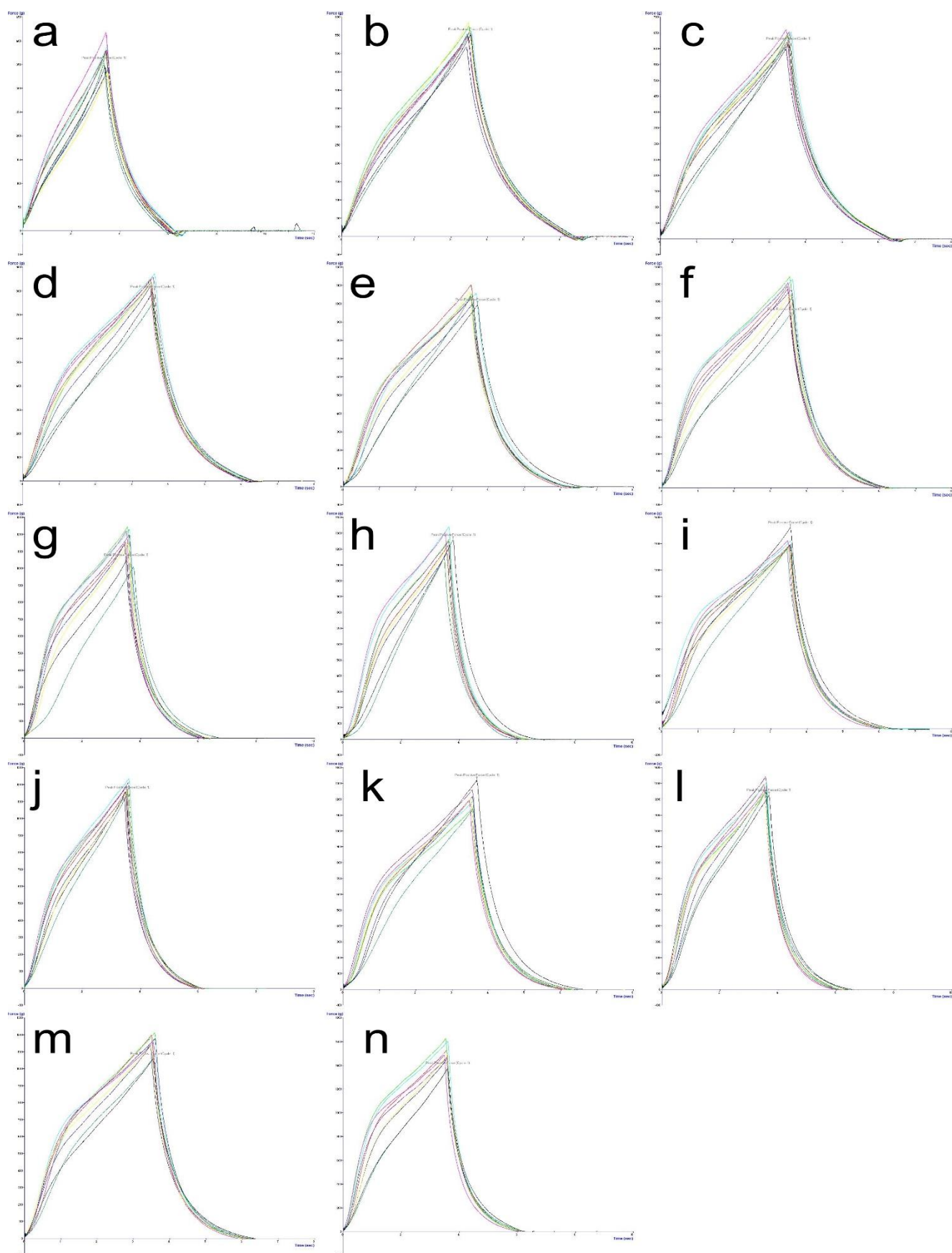


Figura 72. Curvas de dureza relativas à análise do dia 22 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

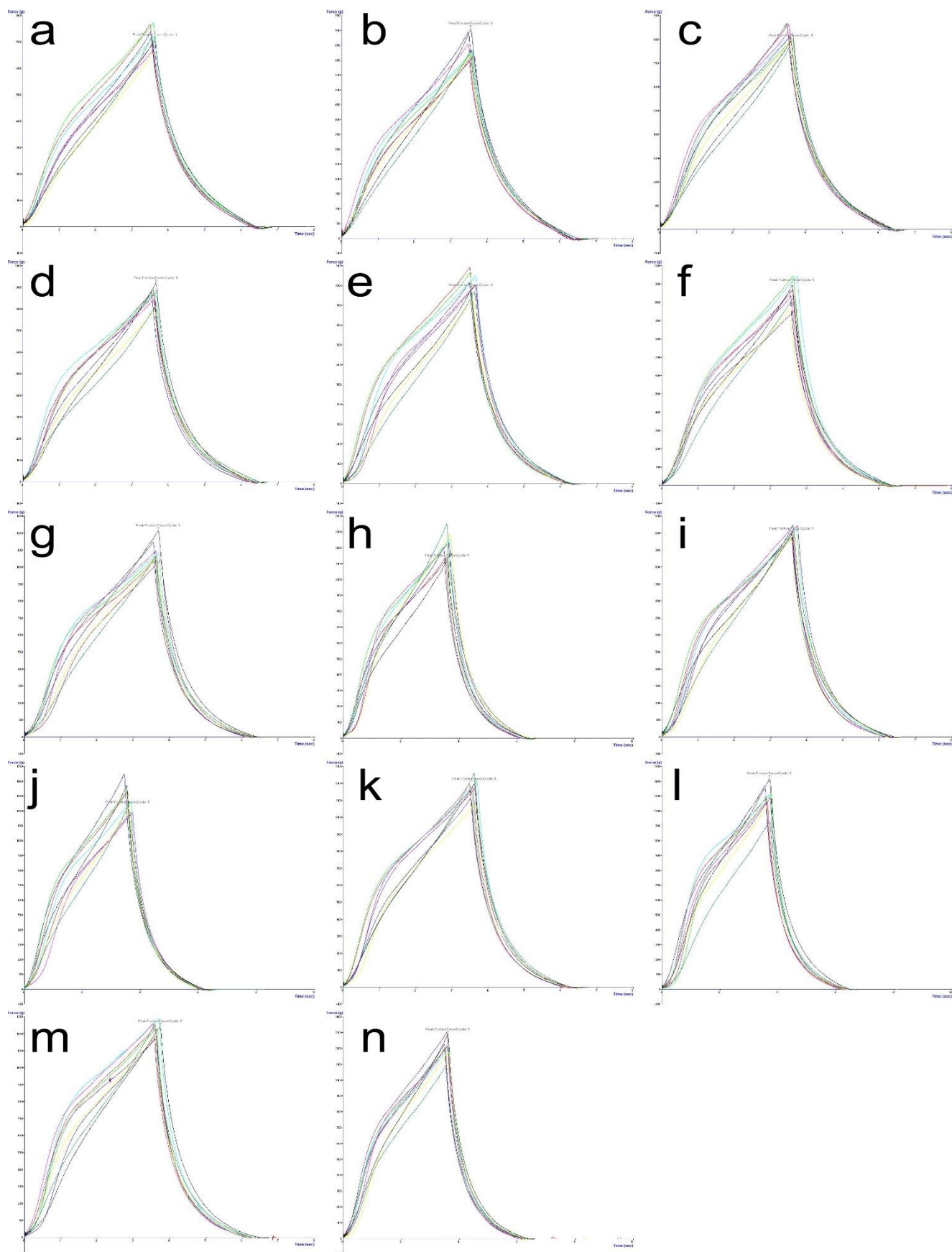


Figura 73. Curvas de dureza relativas à análise do dia 23 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

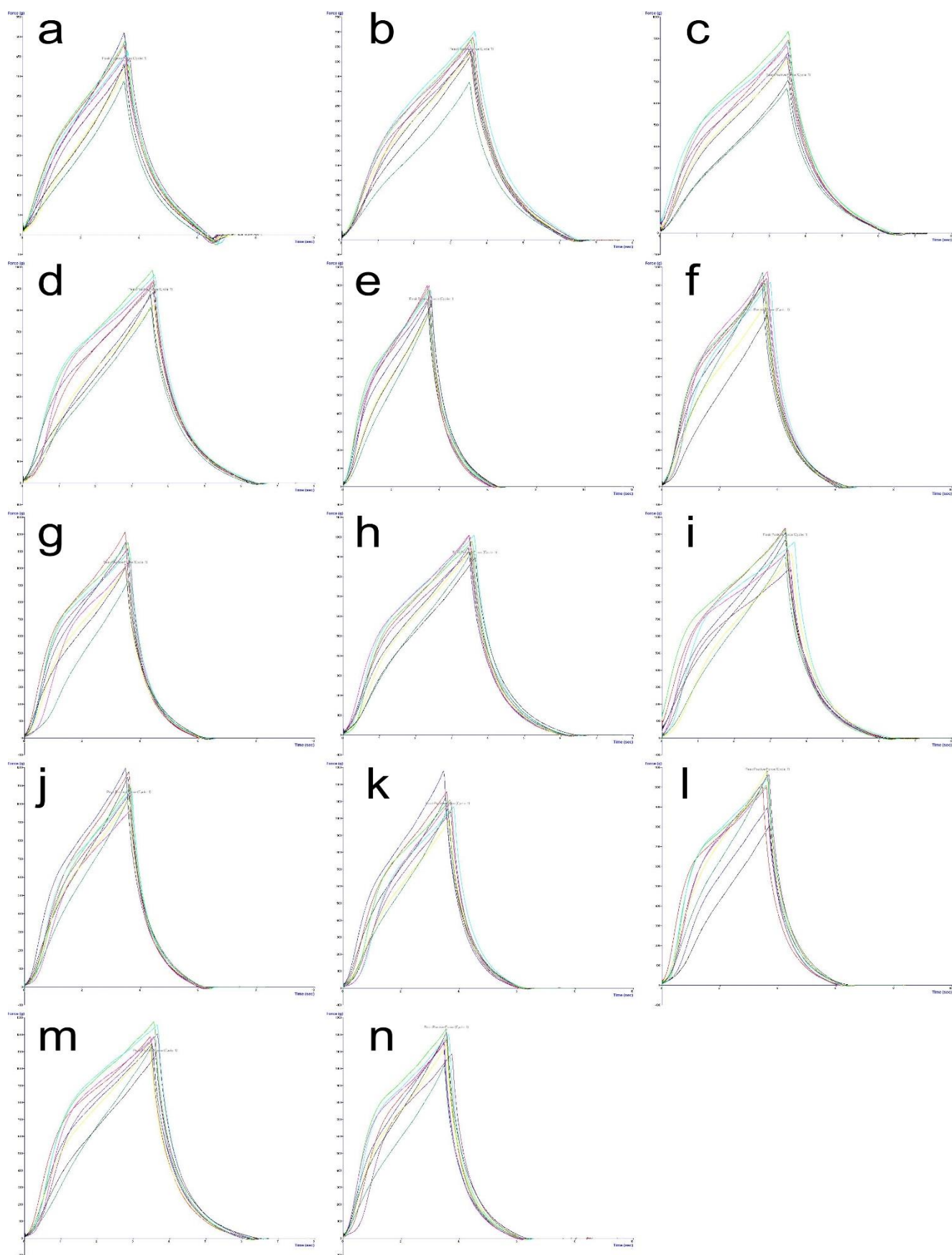


Figura 74. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

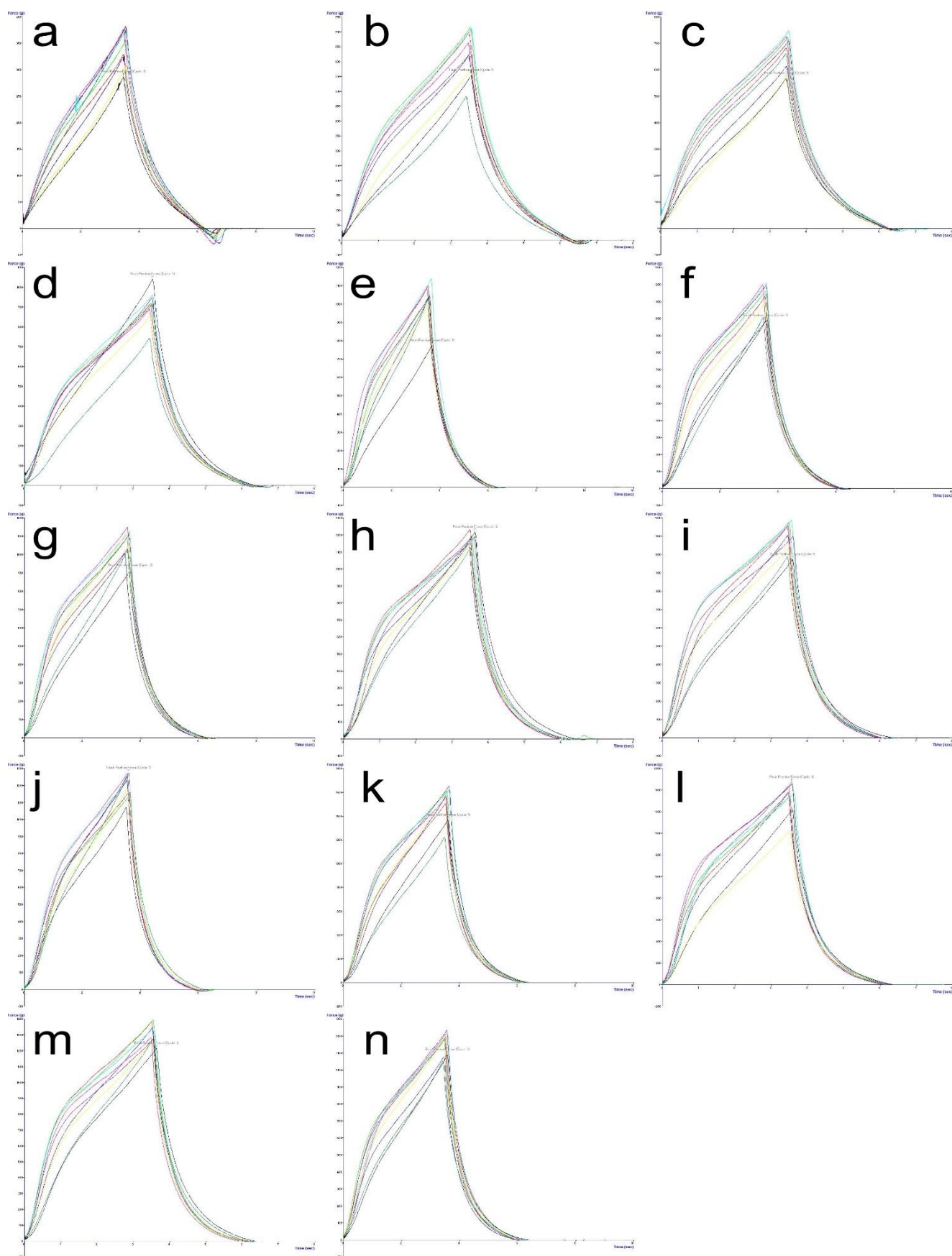


Figura 75. Curvas de dureza relativas à análise do dia 27 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

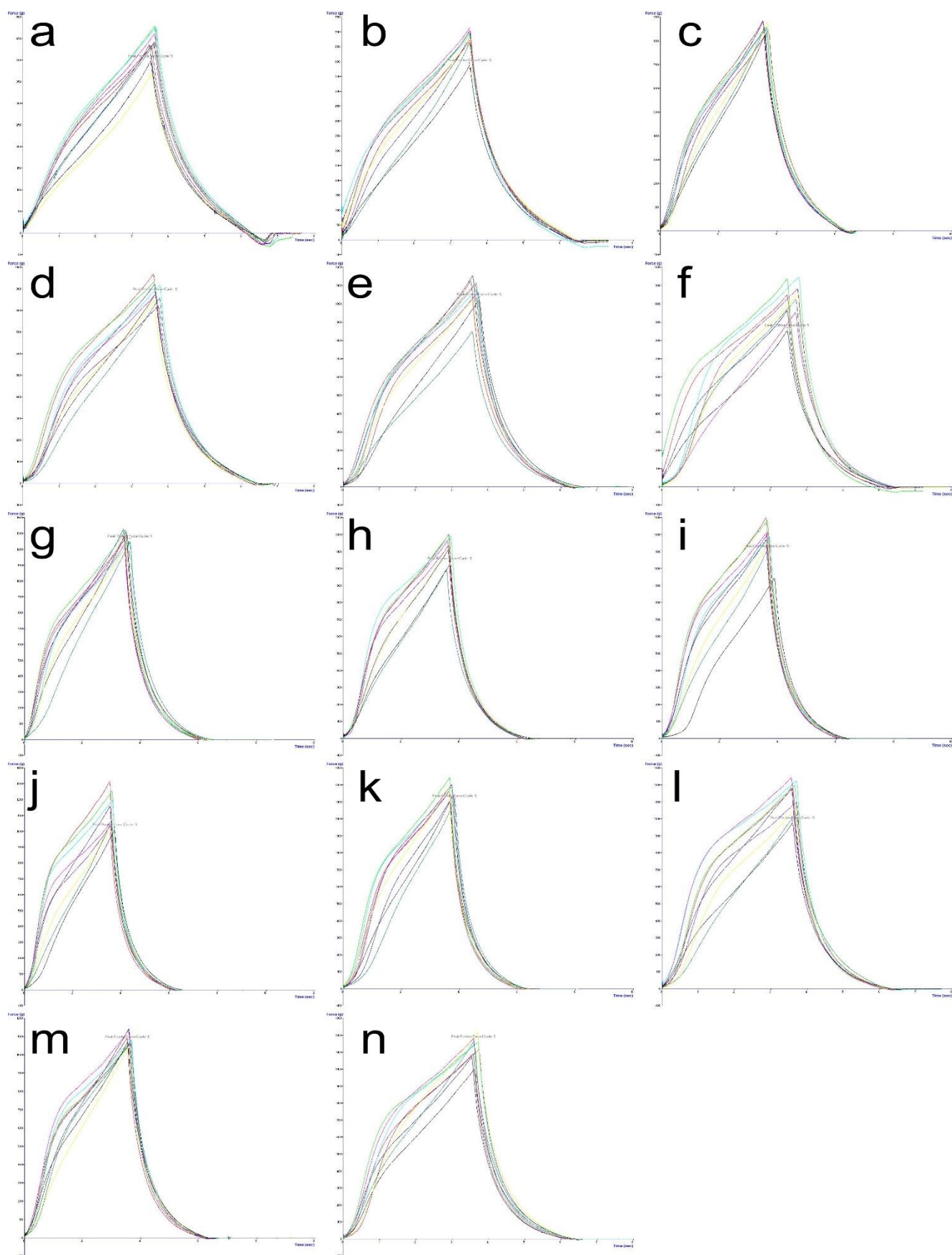


Figura 76. Curvas de dureza relativas à análise do dia 28 de março de 2017 [(a) DDV0, (b) DDV1, (c) DDV2, (d) DDV4, (e) DDV6, (f) DDV9, (g) DDV12, (h) DDV14, (i) DDV16, (j) DDV18, (k) DDV19, (l) DDV20, (m), DDV21, (n) DDV22]

