



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

ASTROFÍSICA DE RAIOS X E OU GAMA, INCLUINDO O DOMÍNIO DE CONHECIMENTO DE REDUÇÃO DE DADOS ORIUNDOS DE MISSÕES DE RAIOS X E/OU GAMA (PQ027)



SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

QUESTÃO 1

Para se fazer pesquisa em astrofísica de raios X e gama é necessário que sejam realizadas missões espaciais ou quase espaciais com instrumentação para detecção de raios X e gama.

- A) Liste dez missões de raios X e gama em ambientes espaciais ou quase-espaciais (passadas, em operação ou futuras).**
- B) Discorra sobre três dessas missões espaciais e uma quase-espacial, descrevendo o detector de raios X e/ou gama utilizado, incluindo blindagens (ativas e/ou passivas) e imageamento (caso ela seja utilizada), a faixa de energia observada e se é missão passada, em operação ou futura.**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

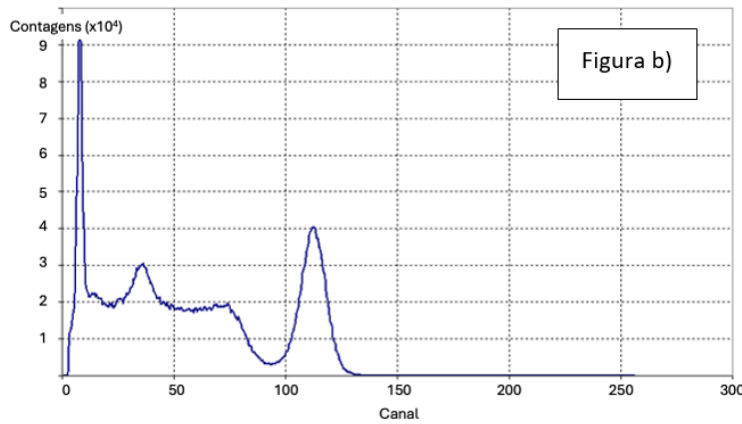
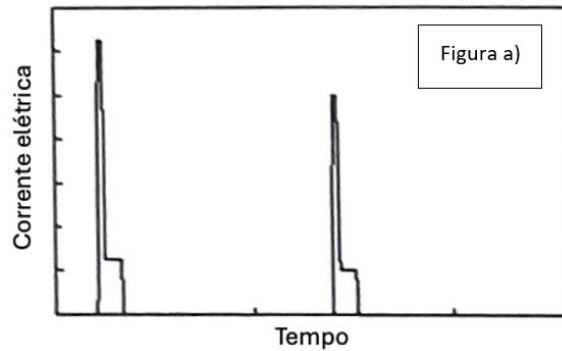
QUESTÃO 2

Detectores de raios X e gama são instrumentos que interagem com fótons ou partículas carregadas, cujas energias vão de alguns milhares a até muitas dezenas de milhões de elétron-Volts (eV).

O modo de operação destes detectores depende basicamente da forma como a radiação ou a partícula detectada interage com o material do qual eles são feitos. Um modelo elementar de detector considera que, após a interação do fóton ou da partícula carregada com o detector, ocorre a produção de uma carga elétrica Q , no instante $t=0$ do encontro, e essa carga deve ser coletada através da interação com um campo elétrico no interior do detector.

Assim,

- A) Descreva os princípios básicos de funcionamento de detectores cintiladores e cite três características desejáveis para seu bom desempenho. Descreva de forma simplificada o processo da geração da carga Q em cada tipo de detector.
- B) Detectores de radiação possuem diversas propriedades comuns, entre elas, o chamado tempo morto e a resolução em energia. Explique o que são essas propriedades.
- C) Tipicamente, um sistema de eletrônica associado a um detector de raios-X ou gama começa com o próprio detector e termina num sistema de registro que pode ser um contador de pulsos ou um analisador multicanal. Considere que o detector recebe dois pulsos próximos no tempo, de uma mesma fonte, conforme a figura (a). A saída esperada em um analisador multicanal tem a forma genérica mostrada na figura (b).



A partir dessas informações, construa um diagrama de blocos contendo os elementos necessários ao funcionamento desse sistema. Comente brevemente a função de cada elemento na cadeia de detecção.

Obs.: não é necessário detalhar os componentes eletrônicos de cada elemento, somente sua função no sistema.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

QUESTÃO 3

Existe uma ampla diversidade de fontes de raios X e raios gama que exibem variabilidade periódica, quase periódica ou não periódica em suas curvas de luz, com escalas de tempo que variam de milissegundos a décadas. Da mesma forma, uma variedade de técnicas e ferramentas de análise de dados pode ser aplicada a cada caso específico, levando em consideração não apenas a variabilidade da fonte, mas também a maneira como os dados foram coletados.

Neste contexto, responda aos itens a seguir.

- A) Descreva de forma qualitativa o princípio da transformada de Fourier. Como os aspectos práticos da coleta de dados, como a frequência de amostragem, influenciam a aplicação da transformada de Fourier em séries temporais de raios X e raios gama? Discuta especificamente os efeitos de amostragem e *aliasing* e a importância da frequência de Nyquist.
- B) Descreva o uso da Densidade Espectral de Potência (PSD, do termo em inglês) na detecção de sinais periódicos em dados de raios X e raios gama. Explique como as periodicidades reais podem ser diferenciadas de artefatos causados por ruído, utilizando a probabilidade de falso alarme associada a um pico na PSD.
- C) De que maneira as técnicas de autocorrelação e correlação cruzada são utilizadas na análise de dados de séries temporais provenientes de fontes de raios X ou raios gama?
- D) De que maneira o teste de Anderson-Darling é utilizado na análise de dados de séries temporais provenientes de fontes de raios X ou raios gama?
- E) Cite duas ferramentas de *software* utilizadas para a análise temporal das curvas de luz de fontes de raios X e/ou raios gama. Descreva como cada uma é aplicada nesse contexto.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

QUESTÃO 4

Binárias de raios-X são sistemas em que um dos membros é um objeto compacto, uma anã branca, uma estrela de nêutrons ou um buraco negro e o outro membro é uma estrela. Binárias de raios-X podem ser divididas em dois tipos, segundo a massa da estrela desses sistemas.

Sobre o tema, responda aos itens a seguir.

- A) Quais são os mecanismos (cite pelo menos 3) de emissão de radiação de binárias de raios-X? Neste contexto, o que é lóbulo de Roche e qual é o seu papel na emissão de raios-X?
- B) Como o mecanismo de emissão de raios-X pode afetar os períodos orbitais e ou de rotação dos membros desses sistemas?
- C) A partir da luminosidade em raios-X e da forma do seu espectro, quais informações podemos obter desses sistemas binários?
- D) Quais desses sistemas binários apresentam periodicidade na variação da luminosidade em raios-X?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

QUESTÃO 5

Várias fontes astrofísicas emitem raios x e raios gama, no entanto, a detecção e a construção da imagem da fonte não podem utilizar técnicas tradicionais de astronomia com espelhos e lentes tais como as utilizadas para medir luz visível e infravermelho.

Assim,

- A) Descreva as técnicas de análise de dados utilizadas por satélites de raio-X (i.e. Chandra) que permitem a elaboração de imagens das fontes, tais como a ilustrada na figura a abaixo.

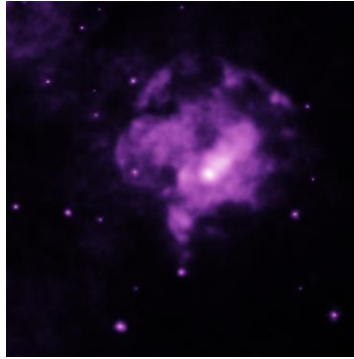


Figura a: Imagem em raios-x de 30 Dourados B na Grande Nuvem de Magalhães. Wei-An Chen *et al* 2023 *AJ* **166** 20 4 [DOI 10.3847/1538-3881/acff72](https://doi.org/10.3847/1538-3881/acff72)

- B) Descreva as técnicas de análise de dados utilizados por satélites de raios gama (i.e. Fermi-LAT) que permitem a elaboração de imagens das fontes tais como a ilustrada na figura b abaixo.

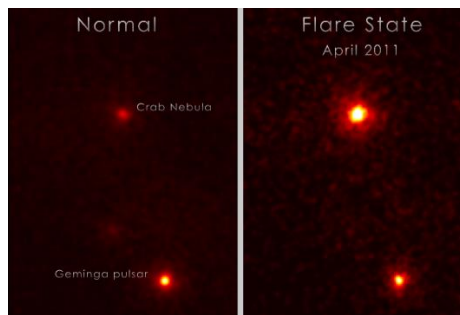


Figura b: Imagem em raios gama da Nebulosa de Caranguejo e do pulsar Geminga em dois estados de emissão feita pelo Observatório Fermi-LAT. Crédito: NASA/DOE/Fermi LAT/R. Buehler

- C) Descreva as técnicas de análise de dados utilizados por telescópios terrestres de raios gama (i.e. H.E.S.S.) que permitem a elaboração de imagens das fontes tais como a ilustrada na figura c abaixo.

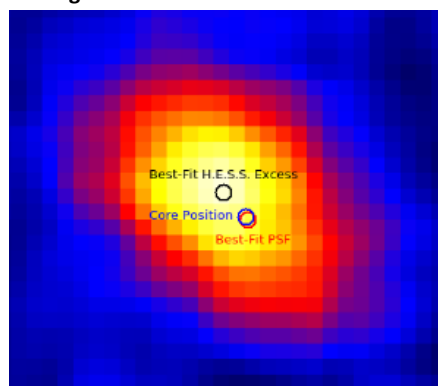


Figura c: Imagem da região central de Centaurus A feita pelo Observatório H.E.S.S. <https://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/pages/home/som/2020/07/>

- D) Indique a diferença fundamental que permite a instalação de observatórios de raios gama no espaço (satélites) e no solo, enquanto que os observatórios de raios-X só podem ser instalados no espaço (satélites).

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

Realização

