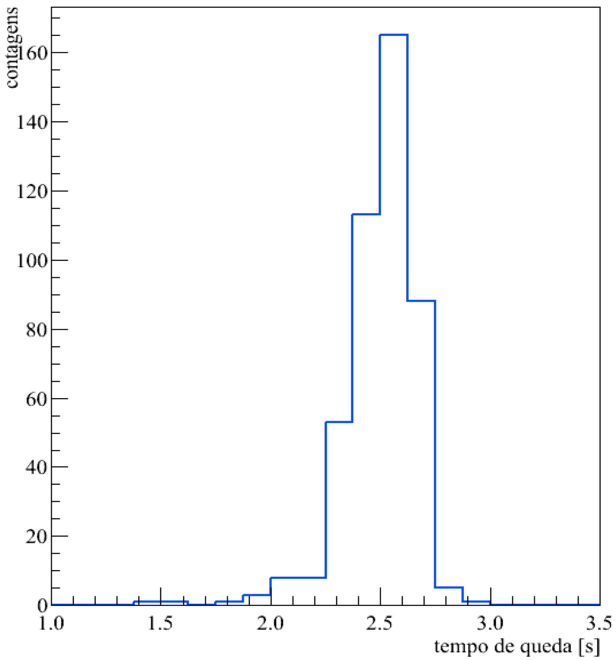
Física Experimental III

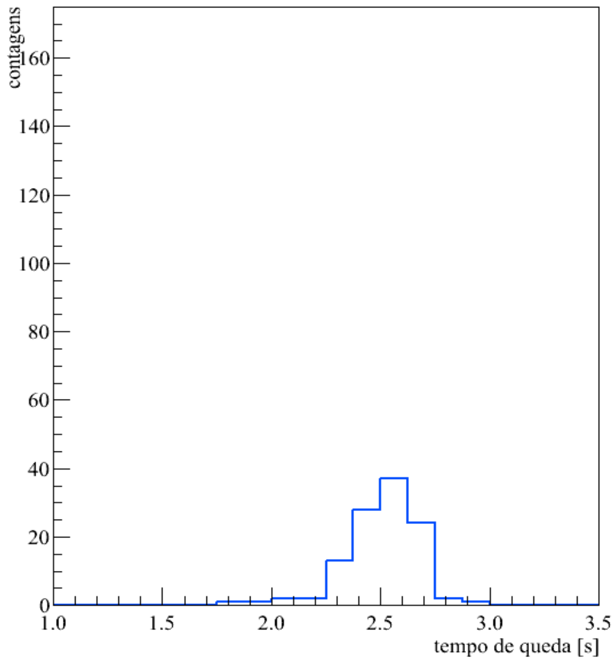
http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=3894&section=2

Aula 4

Histogramas de contagens

- Histogramas simples de contagens não são interessantes pois a comparação entre dois conjuntos de dados diferentes nem sempre é possível de forma direta
  - Depende do número de entradas no histograma





Probabilidade

- Define-se a probabilidade de se obter um determinado resultado como sendo a relação do entre o número de vezes que obtivemos esse resultado pelo número total de dados, quando este é suficientemente grande

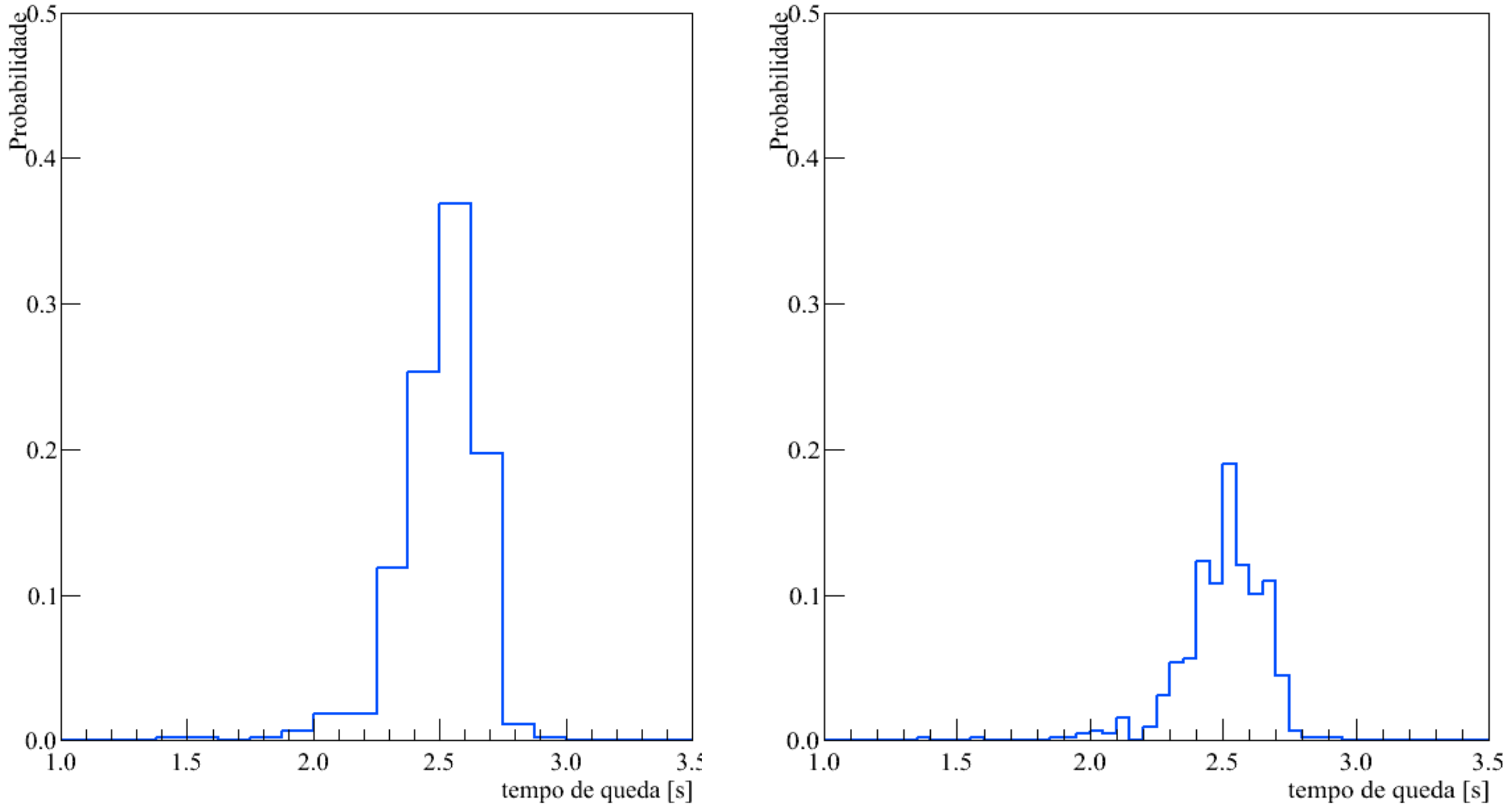
$$P(R) = \lim_{N \to \infty} \frac{N(R)}{N}$$

- Em um histograma nós definimos canais e contamos quantas ocorrências temos naquele canal, ou seja:

$$N(R) = N(x, x + \Delta x)$$

  - Ou seja, em um histograma a probabilidade depende da escolha do tamanho do canal do histograma

Histogramas de probabilidade



Densidade de probabilidade

- A função densidade de probabilidade é definida de tal forma que a probabilidade de encontrar um resultado em um intervalo é tal que

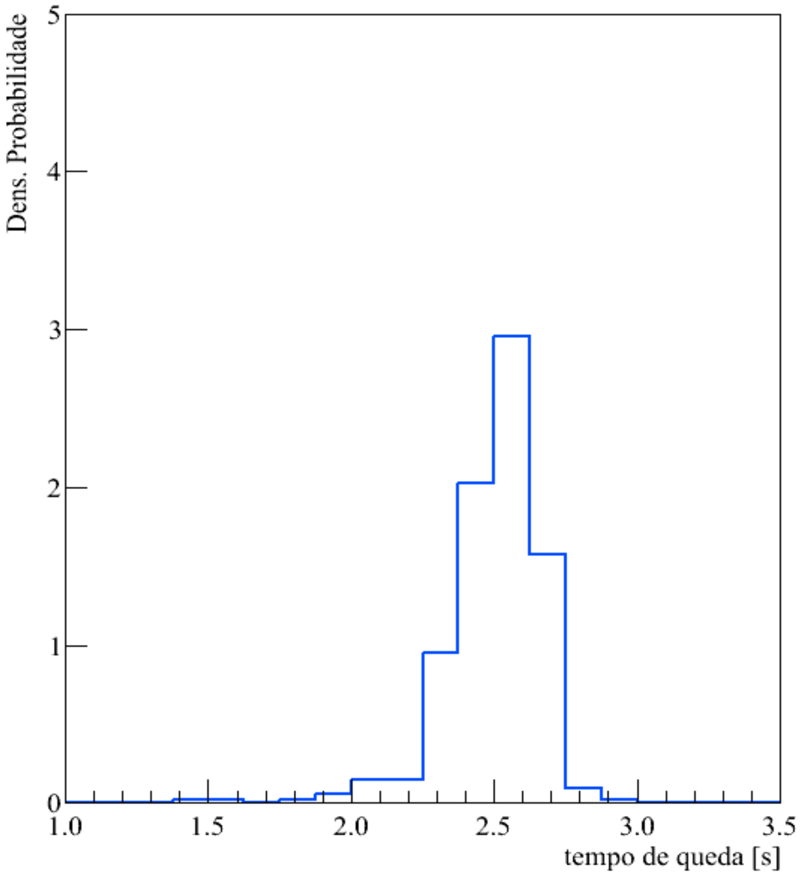
$$P(x, x + \Delta x) = \int_{x}^{x+\Delta x} H(x')dx'$$

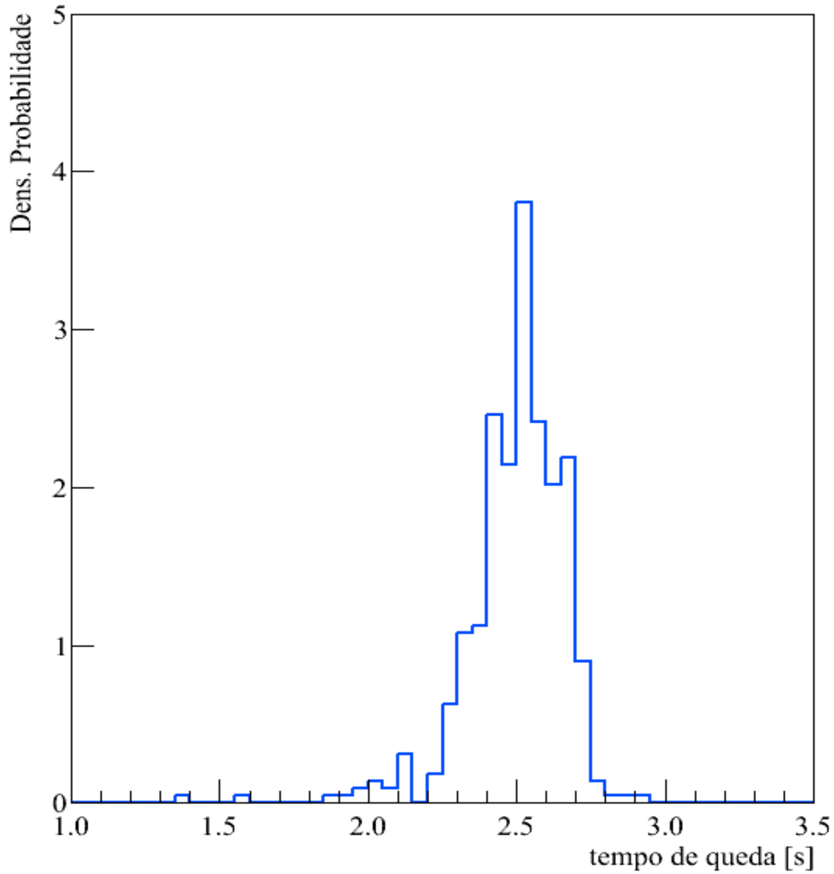
- Ou seja

$$H(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{P(x, x + \Delta x)}{\Delta x}$$

  - Ou seja, a densidade de probabilidade não depende da escolha do tamanho do canal em um histograma
    - A menos de flutuações por conta da amostra ser limitada

Histogramas de densidade de probabilidade





Algumas características das densidades de probabilidade

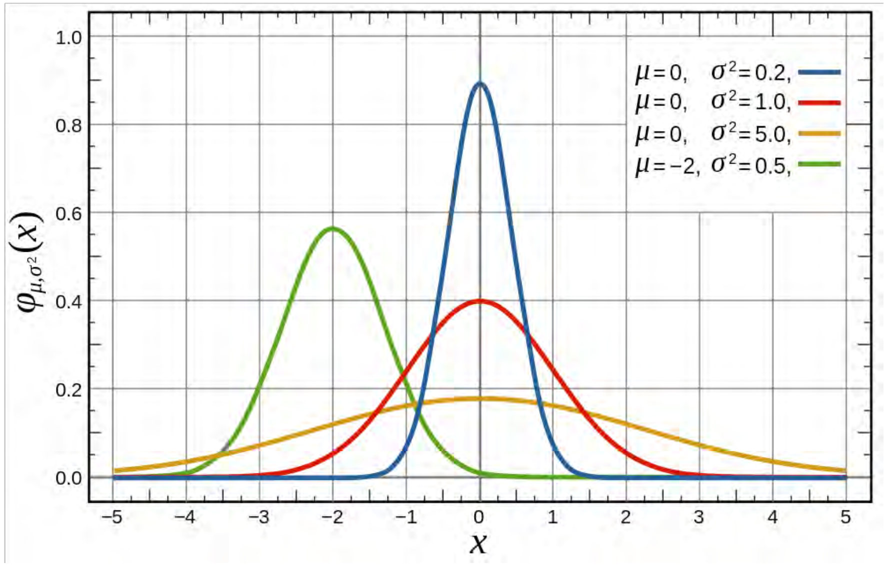
- Por ter significado de uma densidade, é sempre positiva
- Como a probabilidade é sempre um número entre 0 e 1, a integral da densidade de probabilidade em todo o espaço deve ser a probabilidade de ter um evento, quaisquer que sejam suas características, ou seja, 100%. Deste modo

$$1 = \int_{-\infty}^{+\infty} H(x')dx'$$

Função densidade de probabilidade gaussiana

- Bastante comum no dia a dia da física experimental

$$H(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$



- Será que tudo que é derivado de uma grandeza gaussiana também possui FDP gaussiana?

Experimento virtual

- Seja uma grandeza qualquer (x) que possua F.D.P. gaussiana de valor verdadeiro μ e variância σ_μ conhecidos.

- Imagine um experimento no qual se realizam ν medidas independentes desta grandeza e o resultado do experimento é o valor médio dessas medidas, ou seja:

$$\bar{x} = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} x_i$$

- Calcula-se também a variância "experimental" destas medidas em relação ao valor verdadeiro, ou seja:

$$\sigma^2 = \frac{1}{\nu} \sum_{i=1}^{\nu} (x_i - \mu)^2$$

- Quais as FDPs do valor médio e do valor da variância? São gaussianas? O valor médio da variância experimental coincide com a variância real? Qual a dependência dessas FDPs com o número de medidas realizadas, ν.

Experimento virtual

- Para isso, imagine que o experimentador repita, diariamente, o experimento descrito anteriormente e calcule, para cada dia, o valor da média e o valor de chi-quadrado e coloque os resultados em um histograma. No final da vida dele ele vai ter repetido isso tantas vezes que é possível conhecer as FDPs dessas duas grandezas.

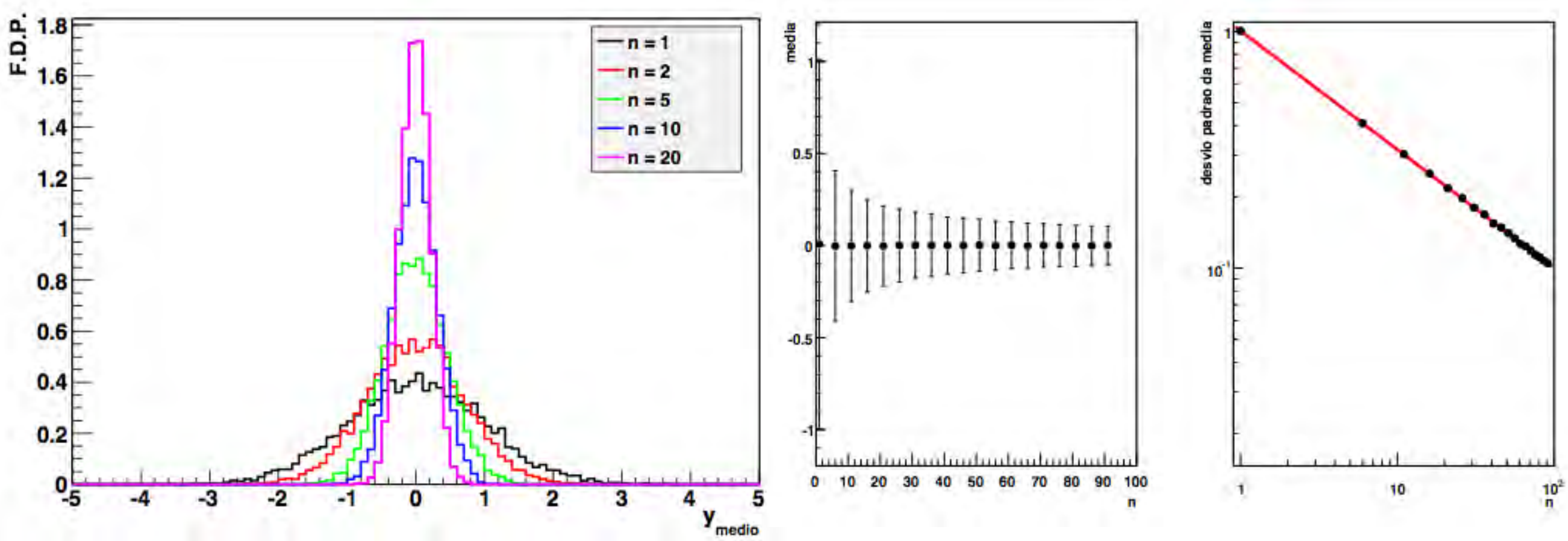
- Para facilitar, vamos considerar $\mu = 0$ e $\sigma_\mu = 1$. Não há perda de generalidade pois sempre podemos fazer uma mudança de variáveis do tipo:

$$\frac{x - \mu}{\sigma_\mu} \rightarrow y$$

- Por sorte existem computadores e podemos simular este experimento computacionalmente, bem como a repetição do mesmo indefinidamente.

Distribuição do valor médio

- Continua sendo uma gaussiana
  - A média não se altera com ν (n na figura)
  - Na medida em que ν (n na figura) aumenta, a gaussiana fica mais estreita



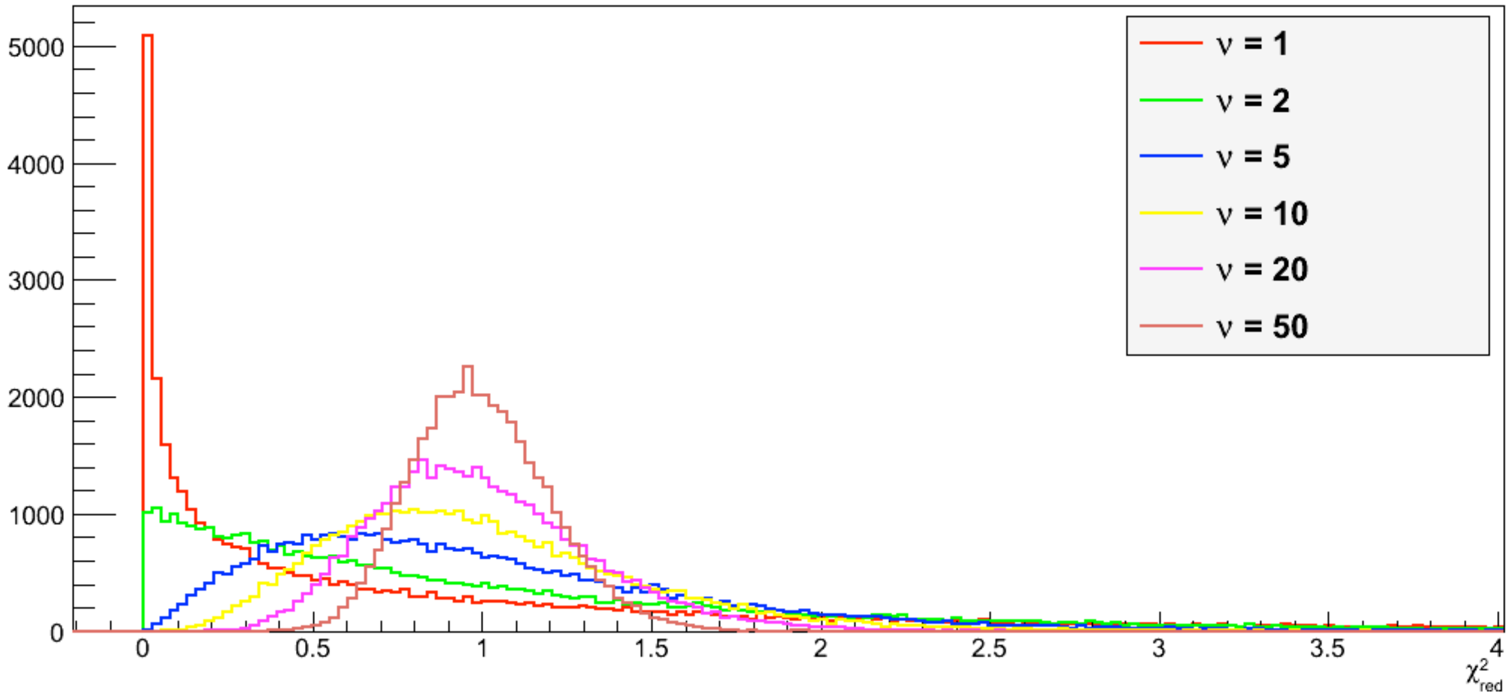
E para a variância?

- Como os termos que compõe a somatória são sempre positivos não é esperado que ela tenha média zero.
- Mas o valor médio da variância é um, como esperamos para o seu valor verdadeiro?

$$\sigma^2 = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu}(x_i - \mu)^2 = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu} y_i^2$$

A distribuição da variância "experimental"

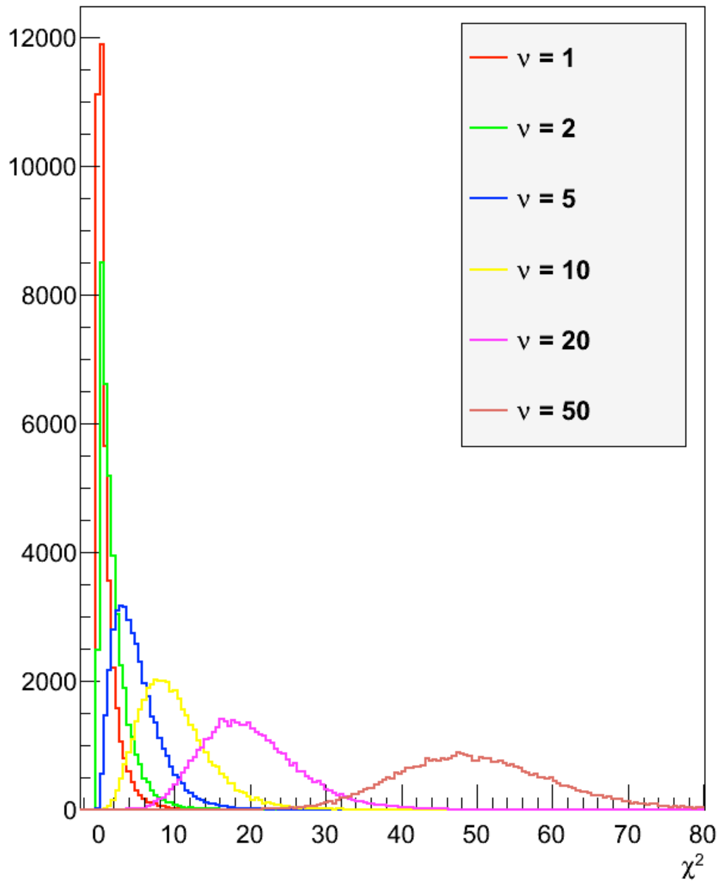
- Para um número pequenos de pontos a distribuição claramente não é gaussinana
- Para poucos pontos tem-se a tendência a SUBESTIMAR a variância dos dados

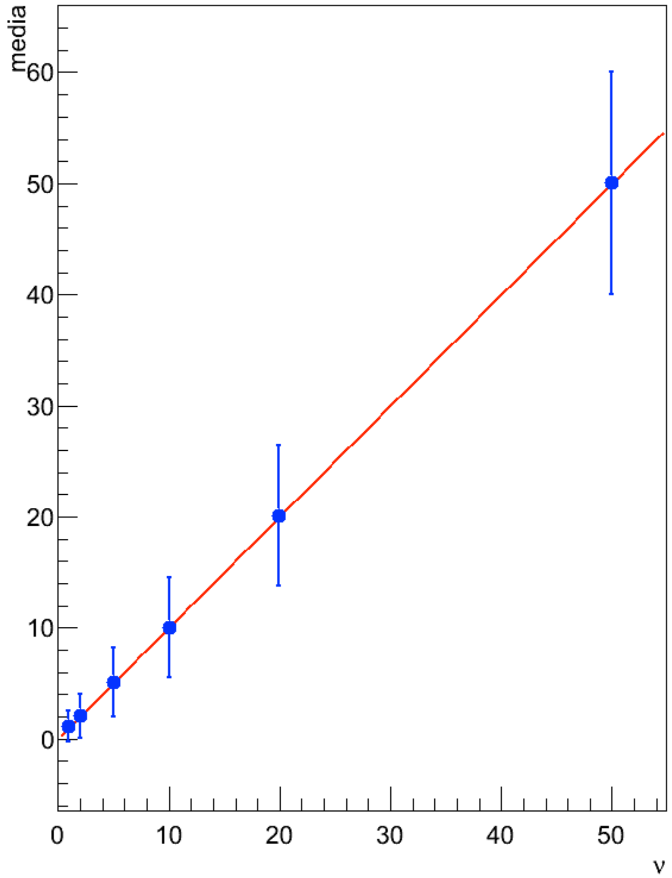


E a distribuição de chi2?

- A FDP do chi-quadrado não é gaussiana
  - O valor médio da distribuição de chi-quadrado é ν.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{\nu} \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma_\mu} \right)^2 = \sum_{i=1}^{\nu} y_i^2$$



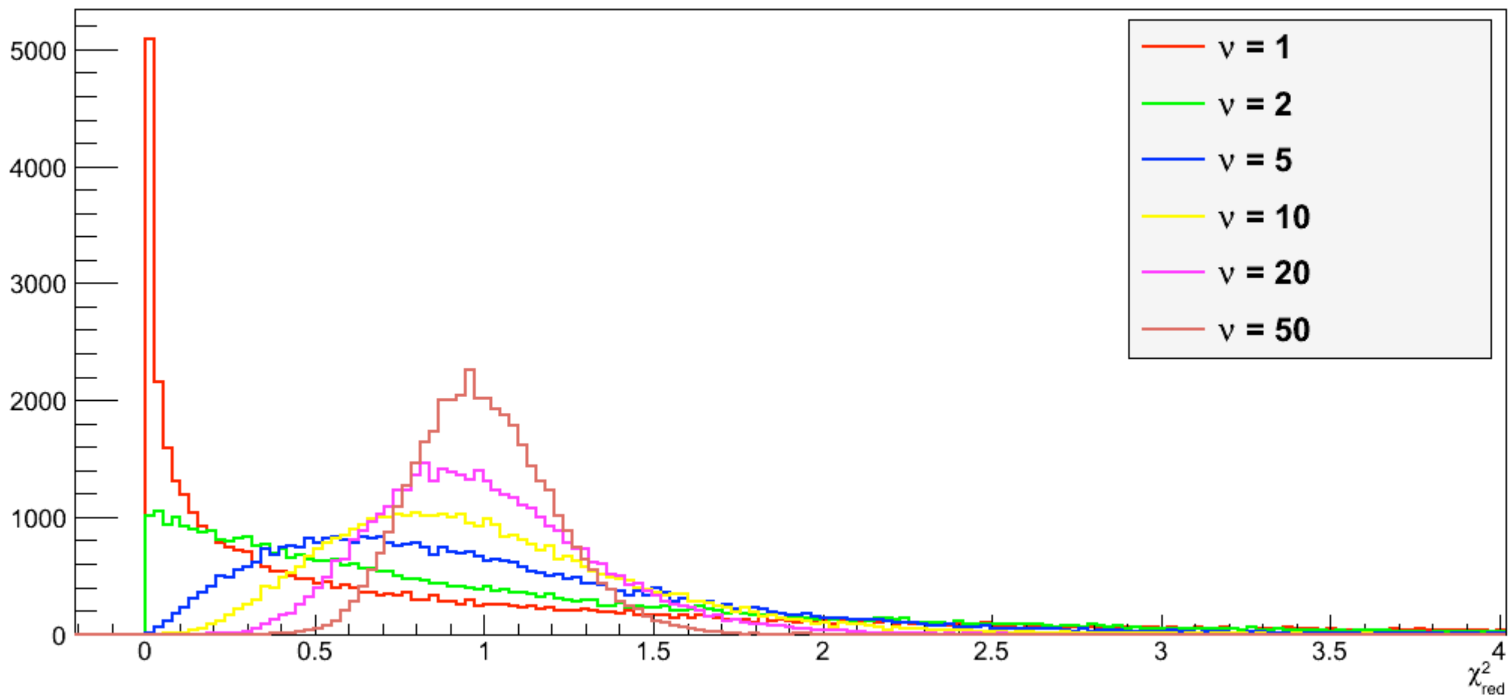


O chi2 reduzido

- Chi2 reduzido tem a mesma distribuição da variância!!!!

$$\sigma^2 = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu}(x_i-\mu)^2 = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu} y_i^2$$

$$\chi^2_{red} = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu}\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma_\mu}\right)^2 = \frac{1}{\nu}\sum_{i=1}^{\nu} y_i^2$$



Mas quem é ν?

- Olhando lá atrás, "... Imagine um experimento no qual se realizam ν medidas independentes desta grandeza e o resultado do experimento é o valor médio dessas medidas.. "
  - ν é o número de medidas estatisticamente independentes no experimento. É chamado de **número de graus de liberdade** da amostra.
    - Número de graus de liberdade corresponde à quantidade de valores independentes que podem variar livremente no cálculo de uma grandeza estatística.
    - O que é independente em uma amostra?

Número de graus de liberdade

- Imagine que tomamos um conjunto de dados e queremos calcular a variância deste conjunto de dados. Usamos a definição:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2$$

- Imagine a situação na qual não conhecemos o valor verdadeiro da amostra. Neste caso, a melhor estimativa do valor verdadeiro da amostra corresponde ao valor médio da mesma. Neste caso a variância seria calculada como:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2$$

- Note que *N* --> *N-1* na expressão acima. Porque disso?

Número de graus de liberdade

- No momento em que calculamos a média, somente N-1 pontos são totalmente livres para variar. O último ponto da amostra necessariamente deve ter o valor:

$$x_n = N\bar{x} - \sum_{i=1}^{N-1} x_i$$

- Ou seja, na verdade, um dos dados da amostra não é independente dos outros. Ele está vinculado aos demais por conta do valor médio calculado.
- Neste caso, o número de graus de liberdade disponíveis é ***N-1***. Esta é uma interpretação pela qual aparece o N-1 no cálculo da variância quando não se conhece o valor verdadeiro da amostra.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2$$

Porque distribuições de probabilidade são importantes?

- Quando é feita uma medida, ou um conjunto de medidas, queremos saber quão provável é o resultado obtido ou quão confiável é a análise realizada.
  - Minha medida é compatível com o valor teórico esperado?
  - Duas medidas são compatíveis entre si?
  - O número de pontos neste gráfico é suficiente?
  - O ajuste de reta que eu fiz é bom?
- Para responder estas perguntas precisamos conhecer as distribuições de probabilidade das muitas grandezas envolvidas.

Experimento I – Circuitos de C.C.

- Projetar e montar um circuito elétrico de iluminação de uma casa

O que precisamos fazer …

- … para atingir os nossos objetivos
  - Estudar o LED e suas propriedades elétricas
  - Como uma bateria fornece energia para um circuito
    - Curva característica, potência, correntes, etc.
  - Como converter energia solar em elétrica
  - Como armazenar esta energia
  - Projetar e montar a casa

Relatório científico do experimento

- O que é um relatório?
- Como ele é normalmente organizado?
- Cuidados a serem tomados
- Peculiaridades do experimento.

- Detalhes na página da disciplina em
  - http://disciplinas.stoa.usp.br/mod/page/view.php?id=117111

O que é um relatório científico

- Texto que mostra, impessoalmente, criticamente e objetivamente os resultados de um trabalho científico
  - Evitem subjetividade no texto
  - Em geral é escrito na terceira pessoa
    - Pode ser singular ou plural, mas deve-se manter a impessoalidade do texto.

Conteúdo típico

- Resumo
- Introdução
- Descrição Experimental
- Resultados e discussão
- Conclusão
- Referências

Tentem fazer isto em, no máximo, 10 páginas

Resumo

- No máximo ½ página de texto
  - 1 a 2 parágrafos.
- Deve conter, de forma bastante suscinta e objetiva:
  - objetivos do trabalho,
  - métodos utilizados
  - Principais resultados e as principais conclusões.

Introdução

- Deve situar o leitor sobre as motivações e embasamentos teóricos utilizados, à frente no relatório, tendo em vista os objetivos do trabalho.
- Deve ser claro e objetivo.
    - Conter apenas os elementos teóricos/ introdutórios necessários ao experimento
    - Não é necessário construir todo o eletromagnetismo para discutir o que é um LED ☺

Descrição experimental

- Descrição completa e objetiva dos procedimentos experimentais
  - Arranjo experimental (Não fazer uma lista!);
  - Montagem;
  - Procedimento experimental;
  - Características de instrumentos;
  - Cuidados particulares e detalhes relevantes.

Resultados e discussão

- Deve conter:
  - Os gráfico e tabelas relevantes;
  - Comentários sobre os porquês de cada etapa e os valores obtidos.
- Argumentar se os objetivos foram atingidos ou não;
- Comparação com valores de referência e realizar a análise crítica dos resultados;
- Sugestões para melhorias e comentários pertinentes sobre o experimento;
- Explicar o que deu errado!

Conclusões

- Não deve conter frases subjetivas como:
  - “A experiência foi um sucesso...”
  - “Deu tudo certo!”
  - “Não foi possível realizar o experimento....”

- Poucos parágrafos.
- Resposta aos objetivos.

Referenciamento

- ABSOLUTAMENTE TUDO que não é de sua autoria deve ser referenciado!
  - Seja ético e dê valor ao trabalho alheio
  - Referencias devem ser numeradas e SEMPRE POSICIONADAS NO TEXTO!

  - [1] M.A.F. Gomes, Am. J. Phys. 55 (1987) 649.
  - [2] H.M. Nussenzweig, Curso de Física Básica, Vol. 1, cap. 6, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1996.
  - [3] http://www.if.usp.br, acessado em 24 de abril de 2009.

Tabelas, gráficos e figuras

- São sempre numeradas e citadas no texto
  - Em geral usa-se números arábicos para figuras e números romanos para tabelas
  - Legendas de tabela seguem ACIMA da tabela
  - Legendas de figura seguem ABAIXO da figura

- Não esqueça, eixos, unidades, etc.
  - Façam figuras que não precisem utilizar uma lupa para ver os dados.

No experimento em particular

- O objetivo final é projetar e construir um circuito elétrico que represente a instalação típica presente em uma casa com vários cômodos.
  - Para isto precisamos entender os seguintes aspectos:
    - Como funciona uma célula fotovoltaica? Como ela produz tensão e corrente elétrica?
    - Como funciona uma bateria recarregável?
    - Como é o processo de armazenamento de energia produzida em uma célula fotovoltáica em uma bateria?
    - Como funciona um LED? Quando ele é ligado a uma bateria, qual a energia que ele consome e como isto é convertido em luz?
    - Conhecendo-se os elementos acima, como eu projeto e prevejo o funcionamento de um circuito que represente uma residência típica, alimentada por energia solar e iluminada com LEDs?

Entrega do relatório

- Somente em arquivo PDF, em upload no site de reservas da disciplina
  - Um upload por grupo
    - Múltiplas versões são possíveis. Corrigiremos apenas a mais recente

- Entrega até o dia 2/9 (diurno) e 4/9 (noturno)

- Esta semana o laboratório está disponível para quem precisa