



LISHEP

INTERNATIONAL SCHOOL ON HIGH ENERGY PHYSICS

FUNDAMENTOS DE SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DE MONTE CARLO

LISHEP 2021 – SESSÃO A

LUIZ MUNDIM – UERJ

MUNDIM@UERJ.BR





O QUE É AFINAL UMA SIMULAÇÃO?

UMA FORMA DE SE
OBTER* INFORMAÇÕES
OU
DESCREVER/REPRODUZIR
O COMPORTAMENTO
DE UM SISTEMA
COMPLEXO!



PARA SISTEMAS “SIMPLES”

$$y = f(x)$$
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i \quad (N \ll \infty)$$



EXEMPLO



- A ALTURA MÉDIA DA FAMÍLIA DO JOSÉ!
- O MOVIMENTO DE UM OBJETO NO VÁCUO!
- O CAMINHO QUE O JOSÉ FAZ AO IR PARA O TRABALHO!

PARA SISTEMAS “COMPLEXOS”

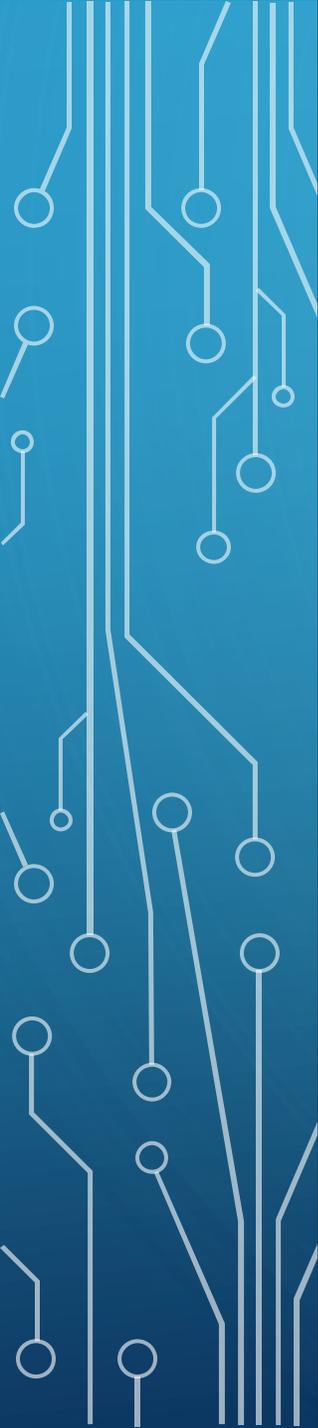
$$y \neq f(x)$$
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i \quad (N \rightarrow \infty)$$



EXEMPLO



- A ALTURA MÉDIA DA POPULAÇÃO DA TERRA!
- O MOVIMENTO DE UM OBJETO IRREGULAR EM UM MEIO MATERIAL!
- COMPORTAMENTO DO MERCADO DE AÇÕES!
- O CAMINHO QUE O JOSÉ FAZ AO VOLTAR PARA CASA DEPOIS DO HAPPY HOUR!



A!

OSÉ

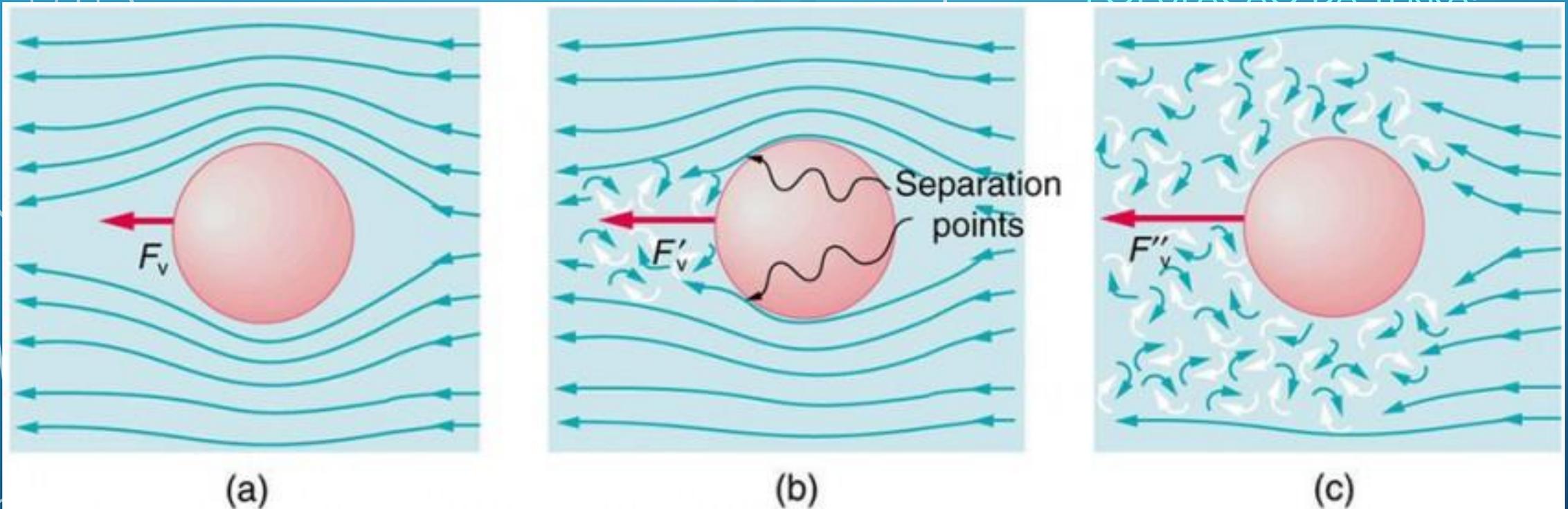
PPY

M

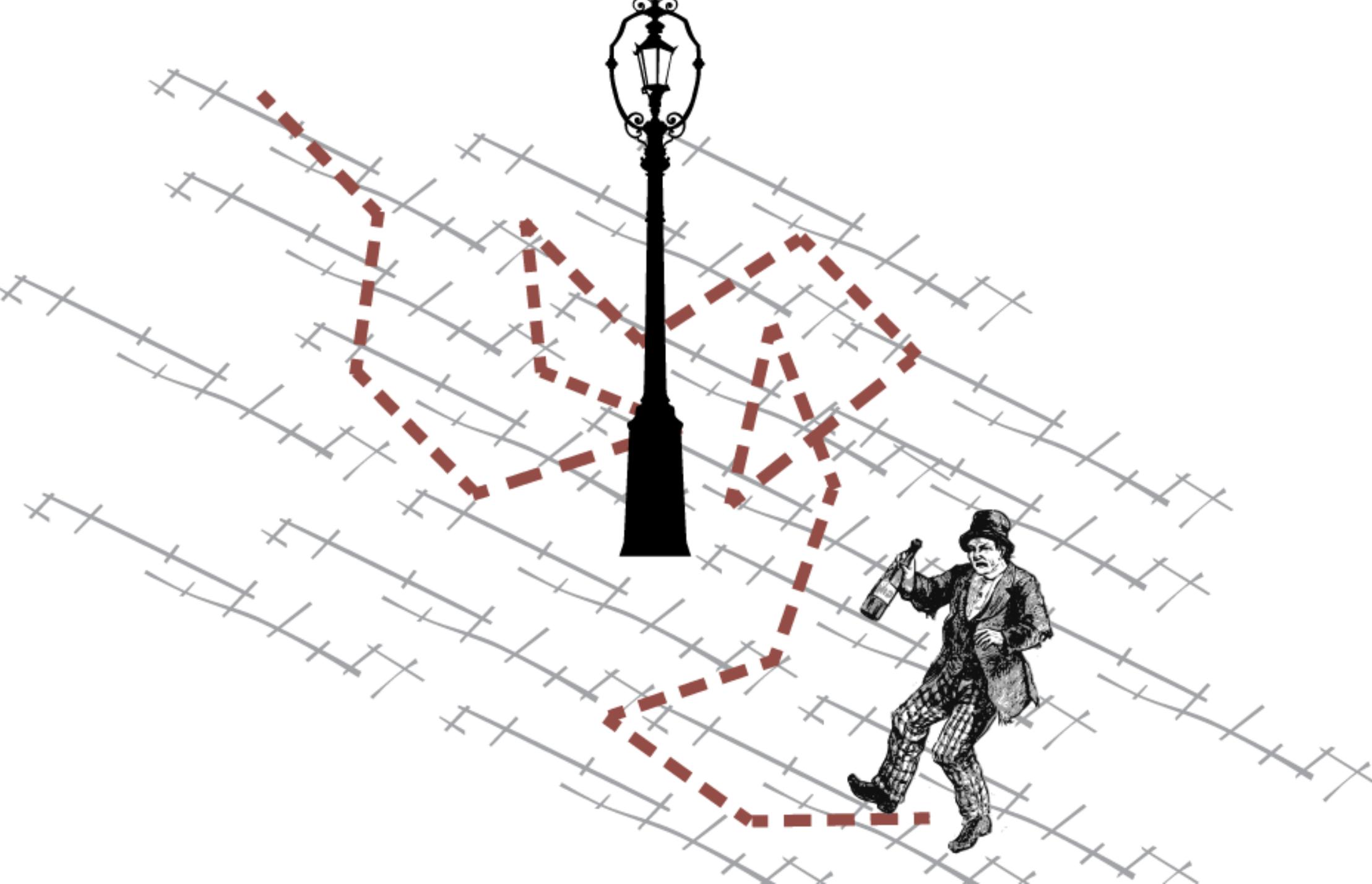
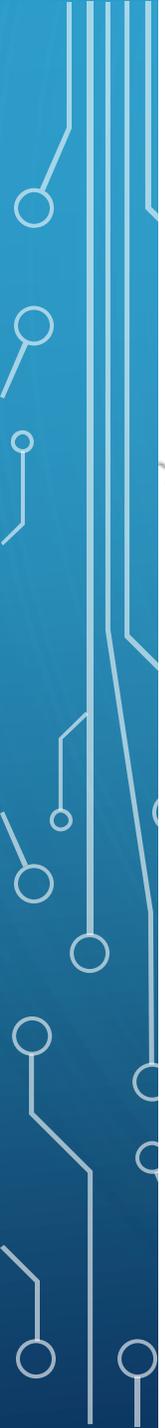
M UM

O

➤ A ALTURA MÉDIA DA
POPULAÇÃO DA TERRA!



MERCADO DE AÇÕES!

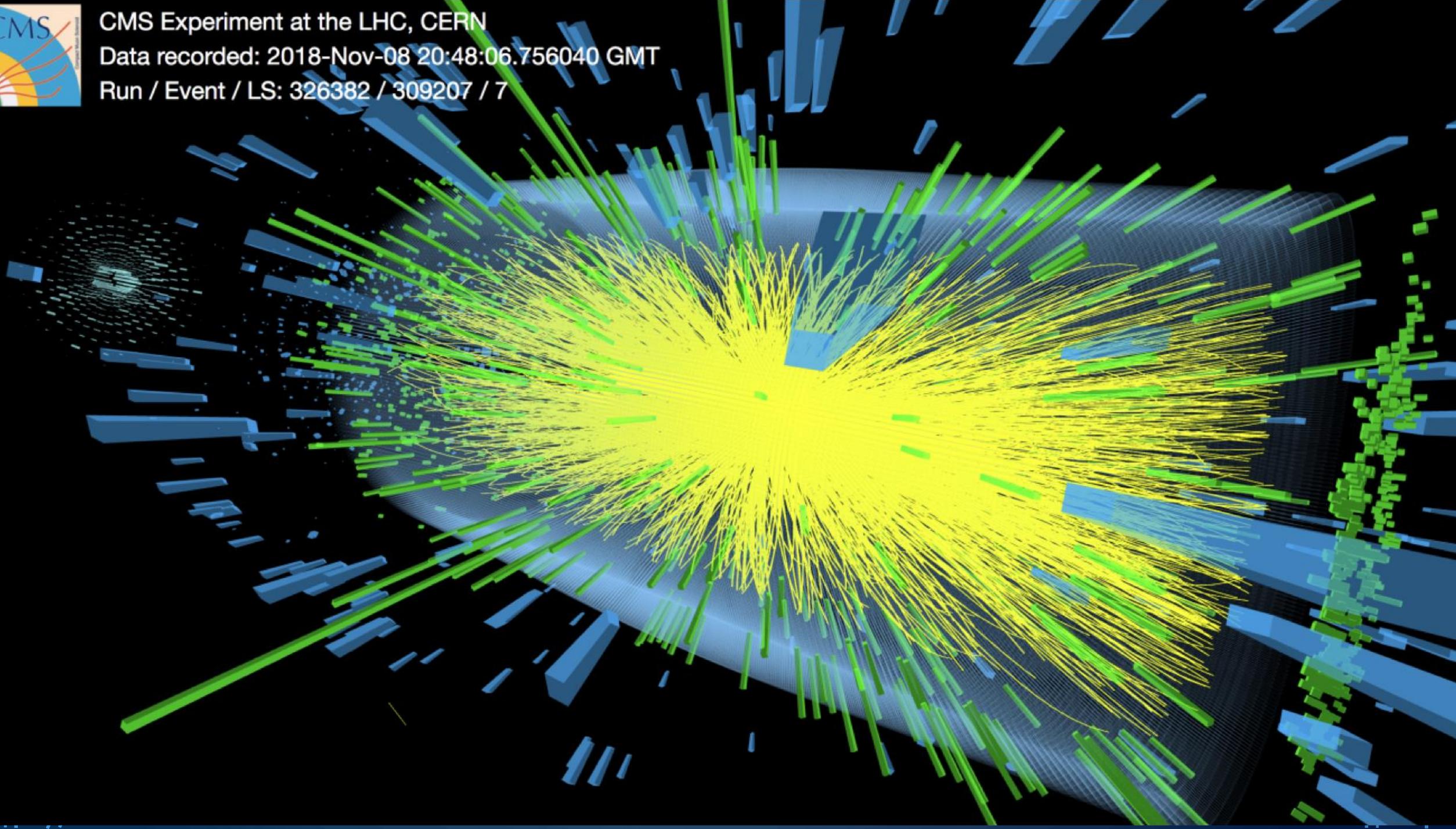


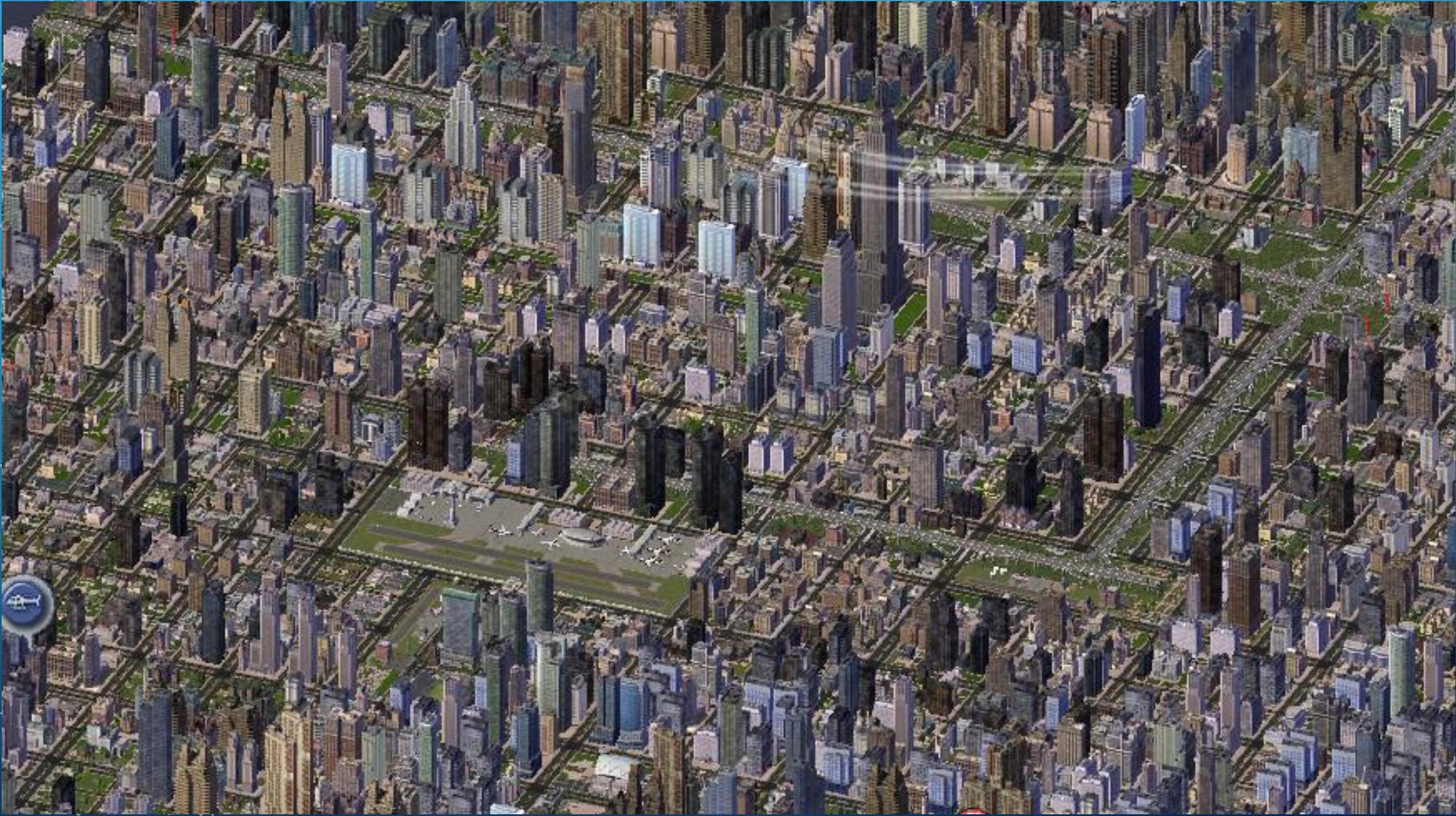


CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2018-Nov-08 20:48:06.756040 GMT

Run / Event / LS: 326382 / 309207 / 7



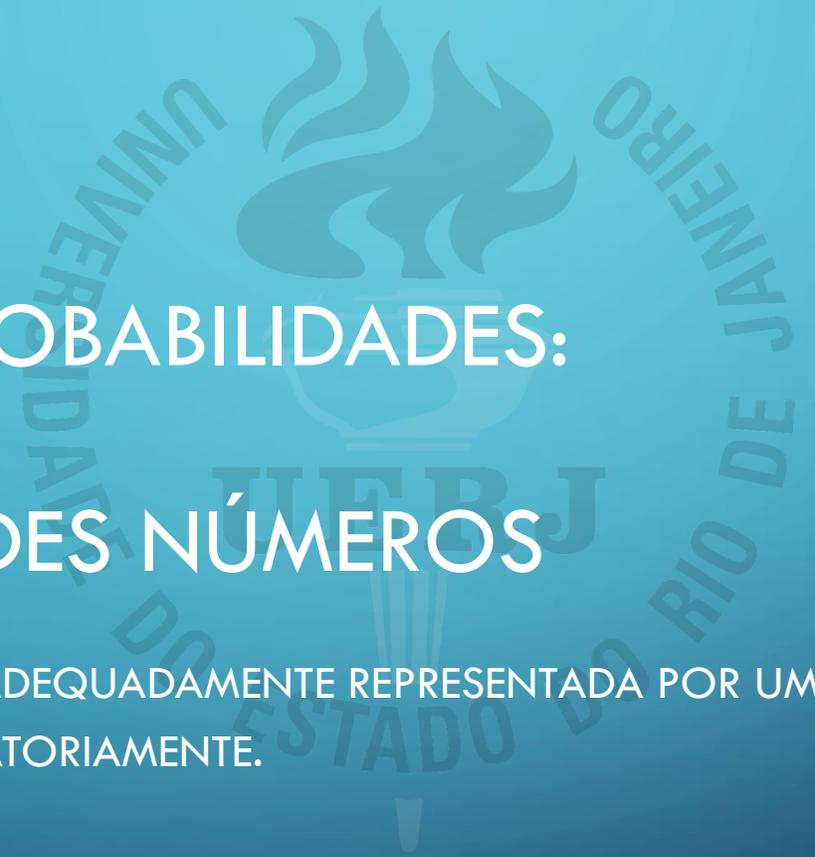
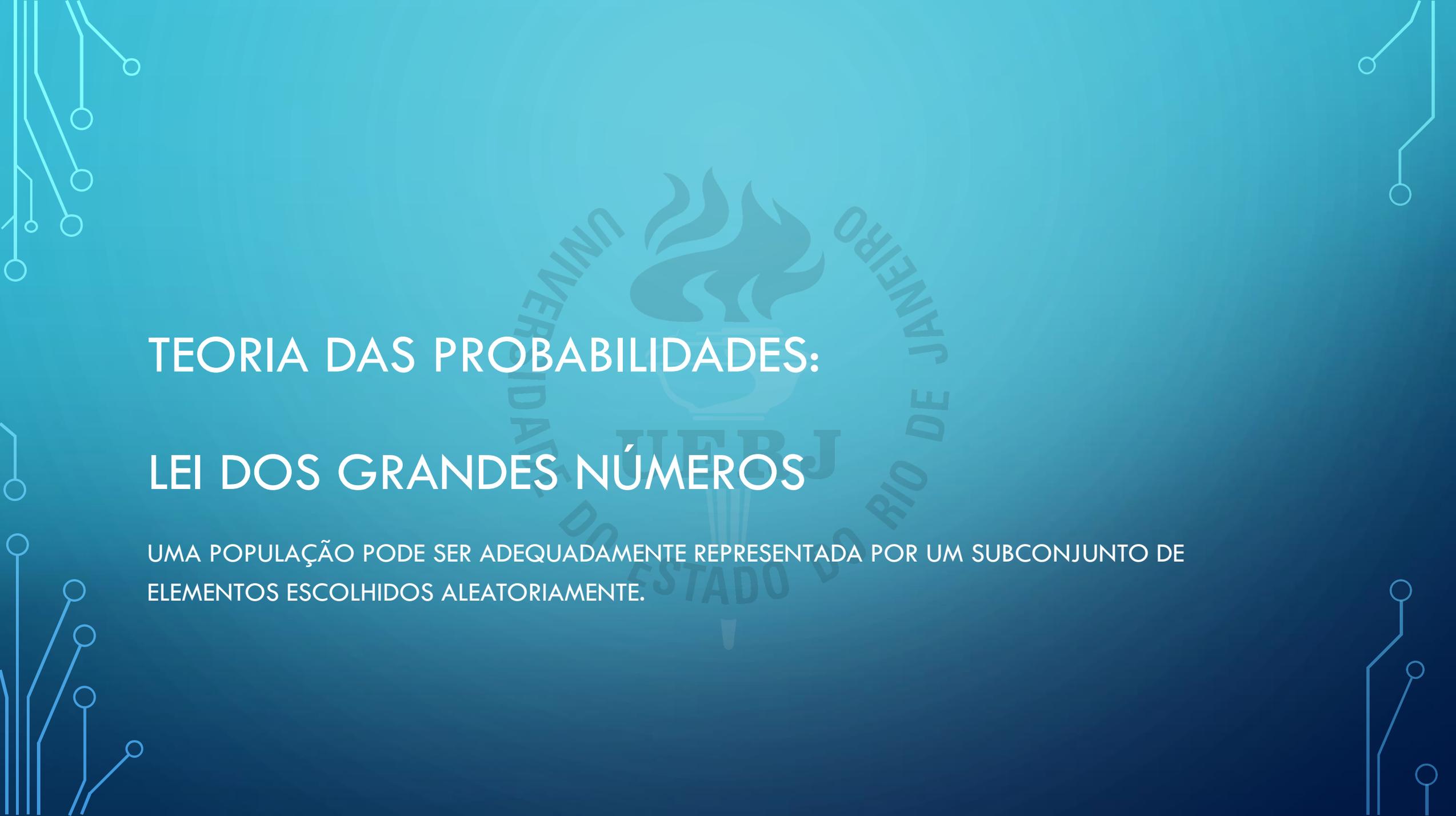




A REPRESENTAÇÃO EXATA DE
SISTEMAS COMPLEXOS PODE SER
SIMPLESMENTE IMPOSSÍVEL!

○ QUE SE PODE FAZER ENTÃO?

UERJ



TEORIA DAS PROBABILIDADES:

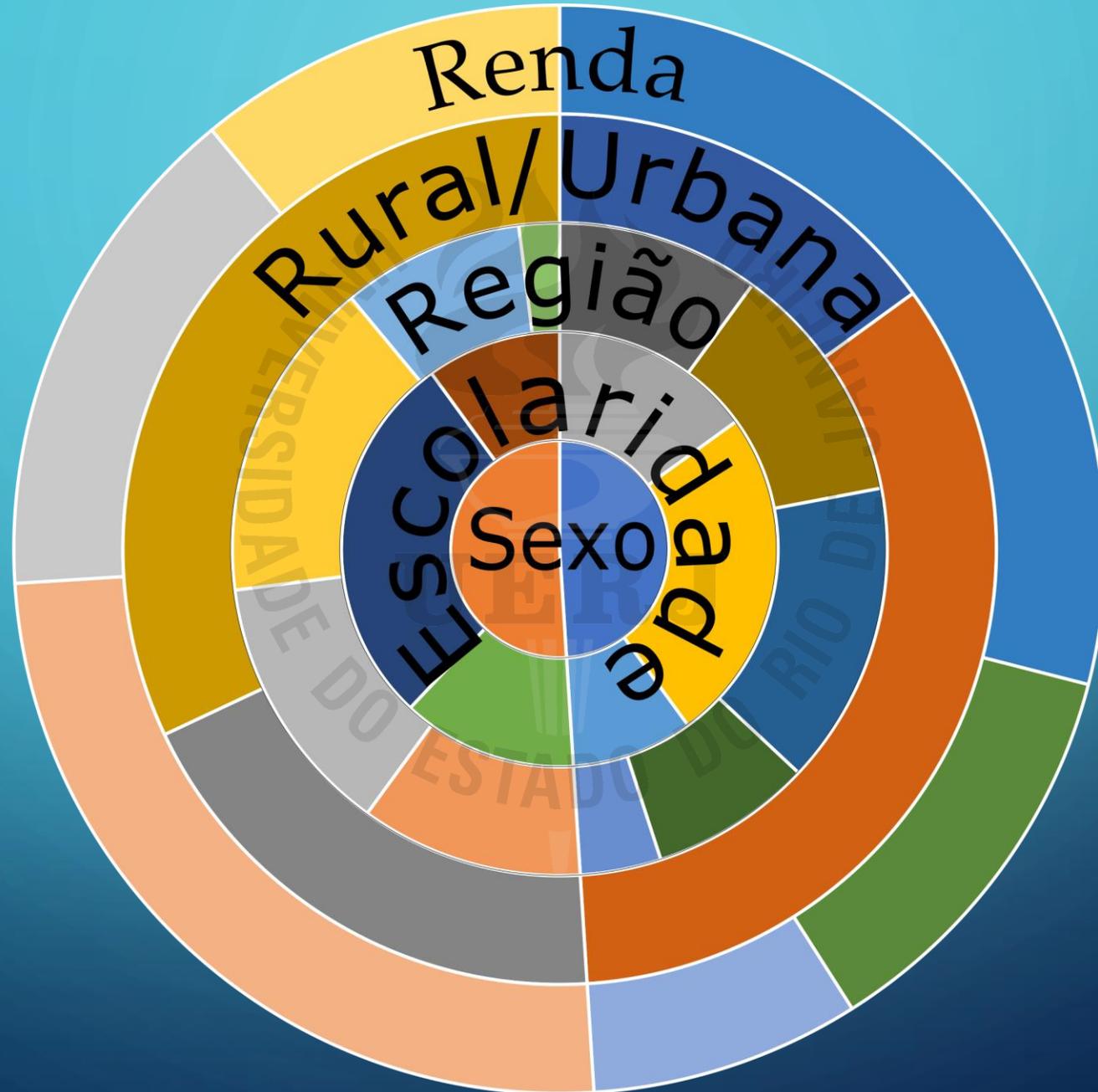
LEI DOS GRANDES NÚMEROS

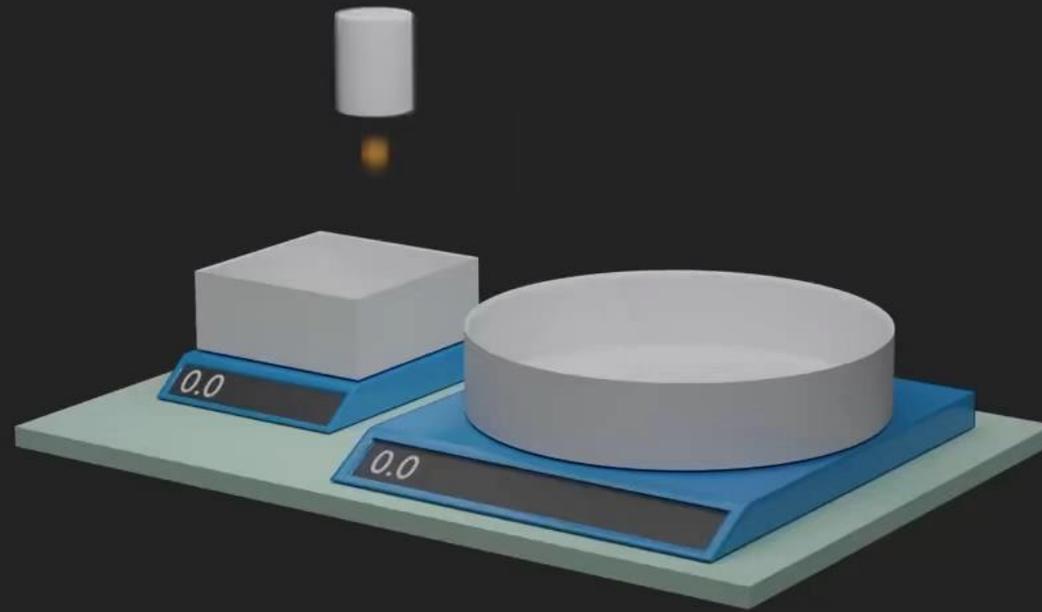
UMA POPULAÇÃO PODE SER ADEQUADAMENTE REPRESENTADA POR UM SUBCONJUNTO DE ELEMENTOS ESCOLHIDOS ALEATORIAMENTE.





População Brasileira = 215 milhões

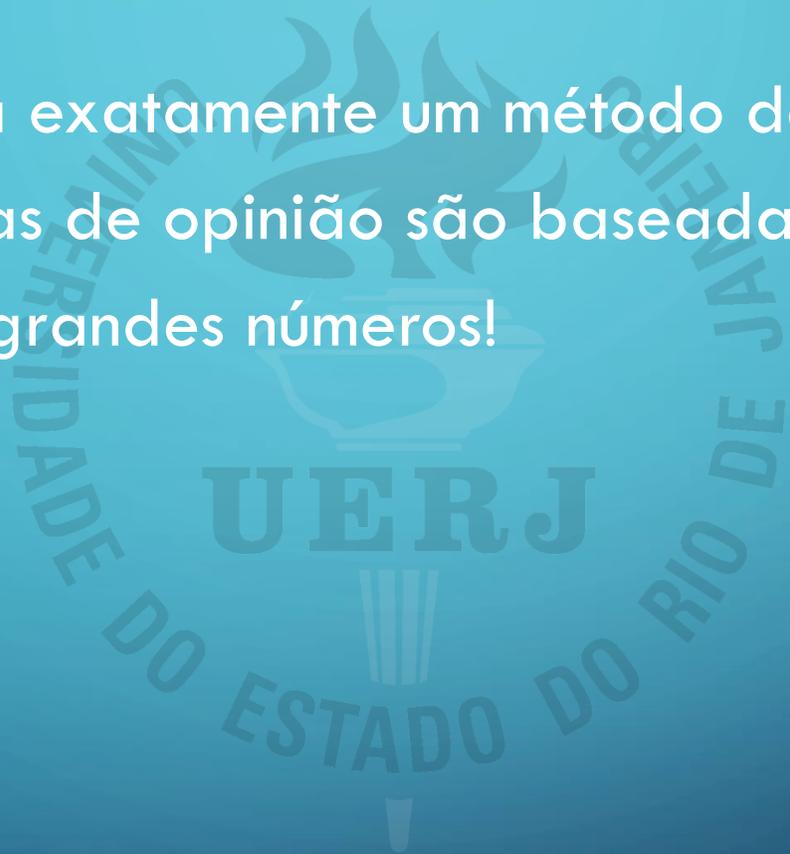




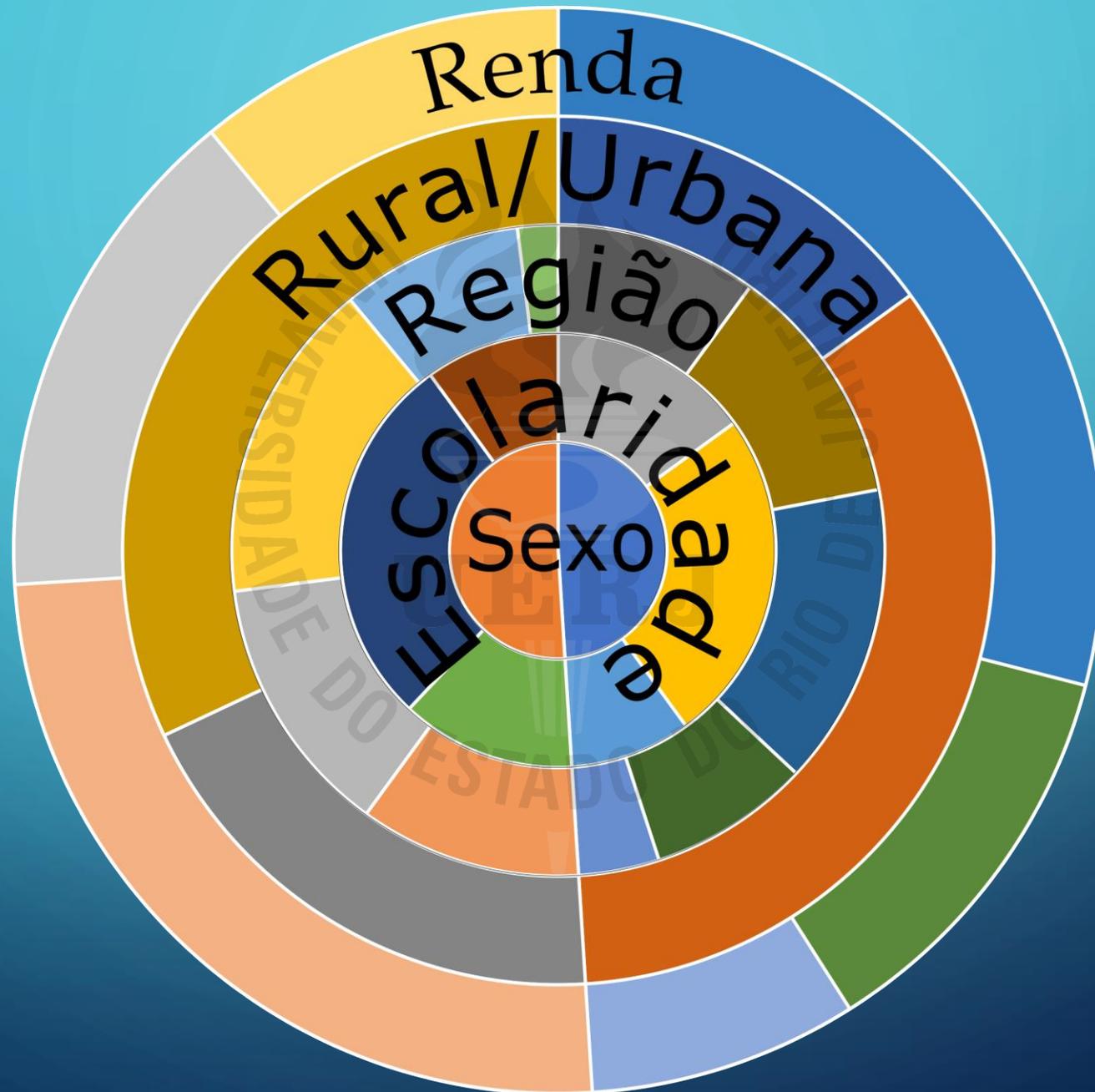
APLICAÇÕES (1)

- Ainda que não seja exatamente um método de Monte Carlo clássico, as Pesquisas de opinião são baseadas no mesmo princípio: a Lei do grandes números!

UERJ

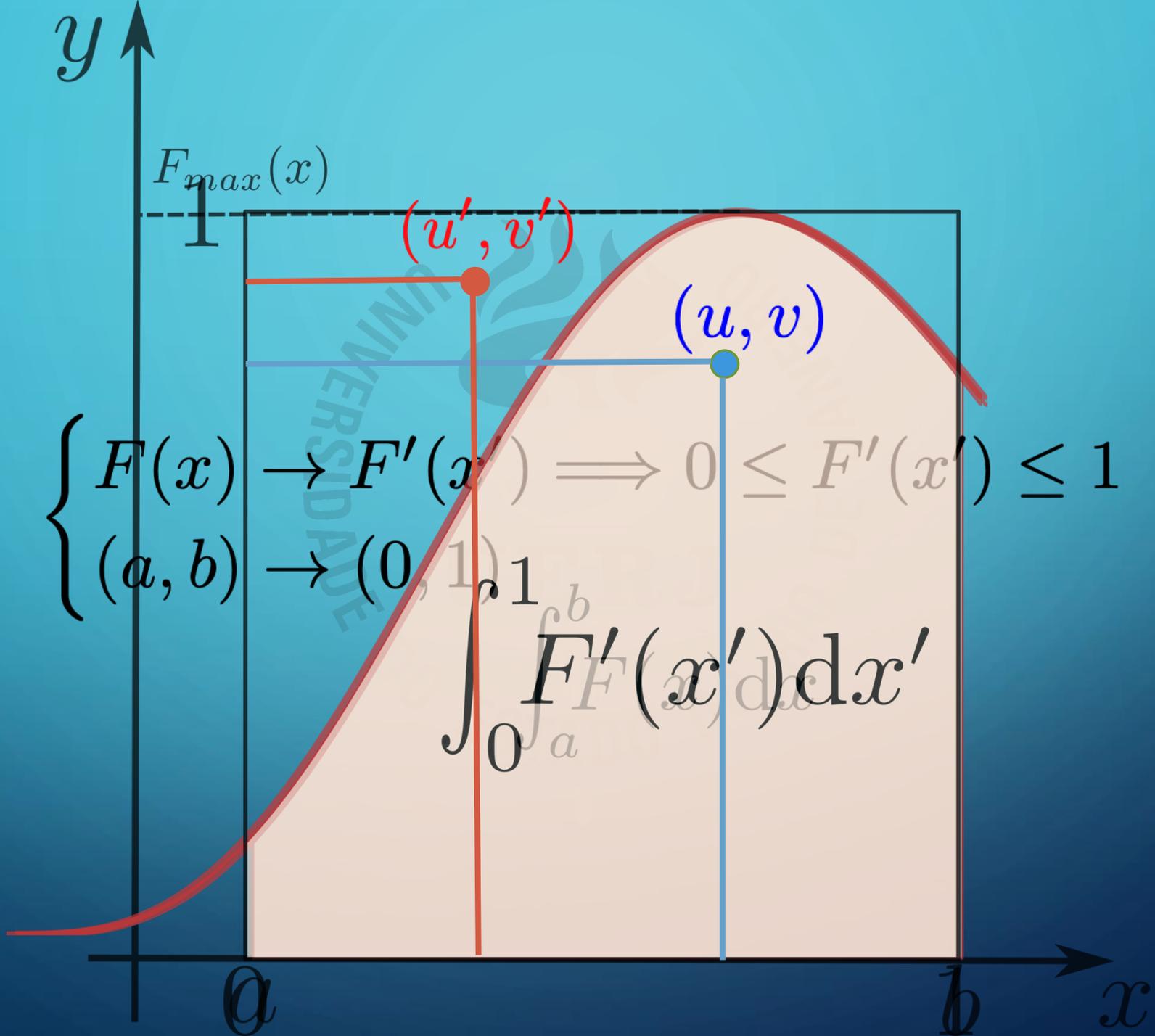


População Brasileira em 2015 milhões



APLICAÇÕES (1)

- Ainda que não seja exatamente um método de Monte Carlo clássico, as Pesquisas de opinião são baseadas no mesmo princípio: a Lei do grandes números!
- Integração numérica: a integral de uma função qualquer pode ser obtida de forma numérica de maneira rápida e apresenta uma característica: o método é mais eficiente quanto maior for o grau da integral



MODELAGEM DE SISTEMAS COMPLEXOS

UERJ

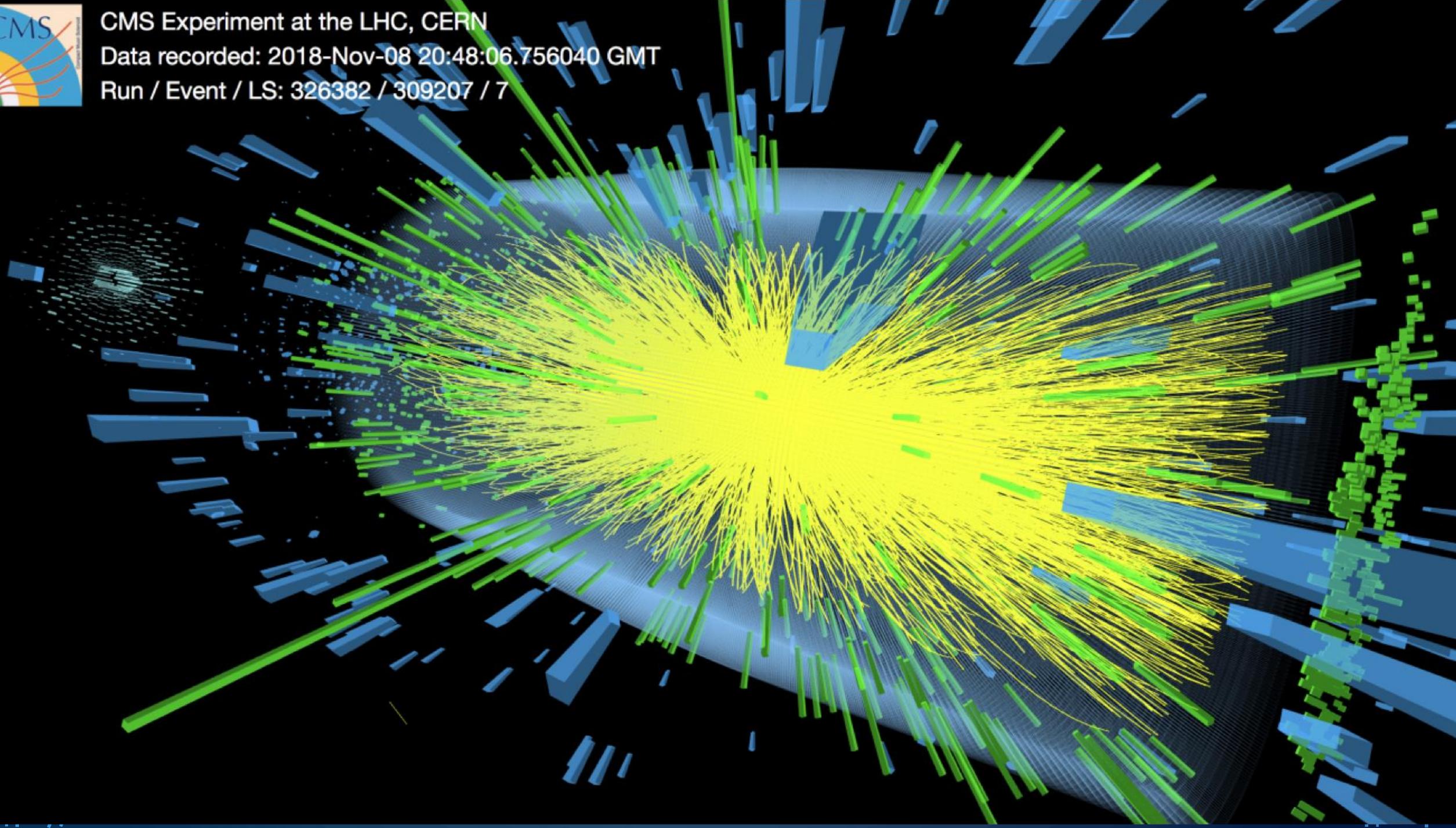
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2018-Nov-08 20:48:06.756040 GMT

Run / Event / LS: 326382 / 309207 / 7



IMPLEMENTAÇÃO

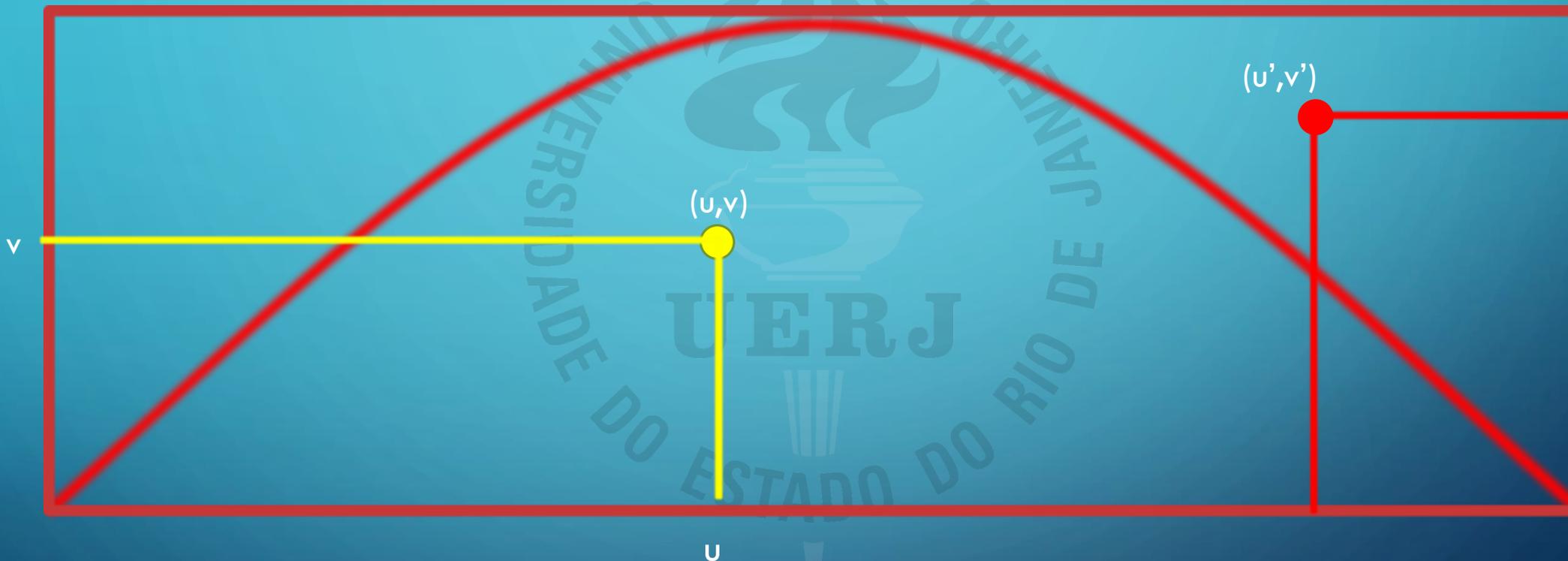
- Cada variável (uma propriedade) de um sistema complexo não pode ser descrita por uma função analítica, mas por uma densidade de probabilidade
 - A distância percorrida por uma partícula antes de interagir ou decair
 - A direção que um feixe de luz (um fóton) irá ser espalhado ao incidir sobre uma superfície não especular (difusão)
 - Etc...

IMPLEMENTAÇÃO

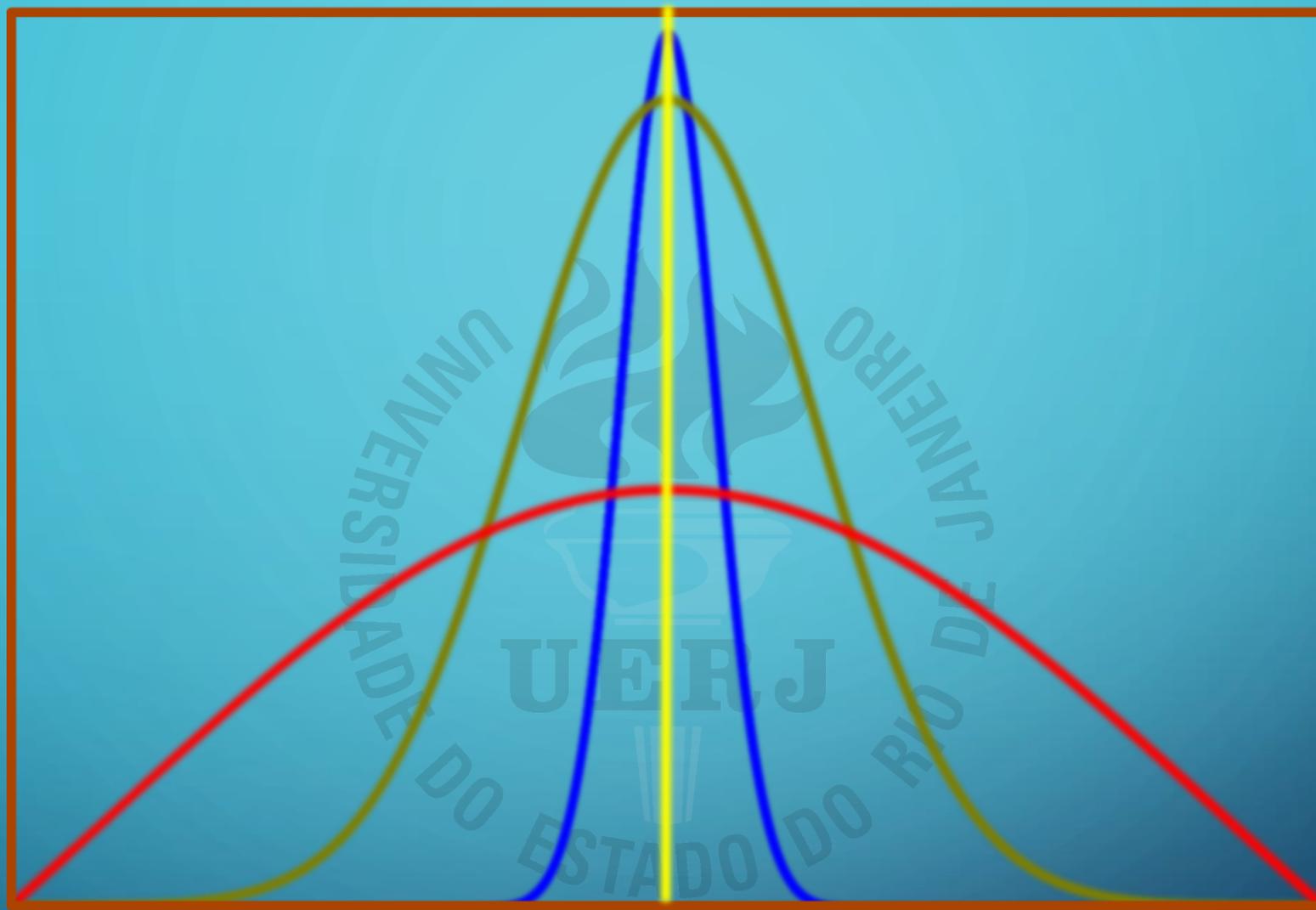
- Muitas vezes, a forma analítica das distribuições não são conhecidas:
 - Método da rejeição-aceitação



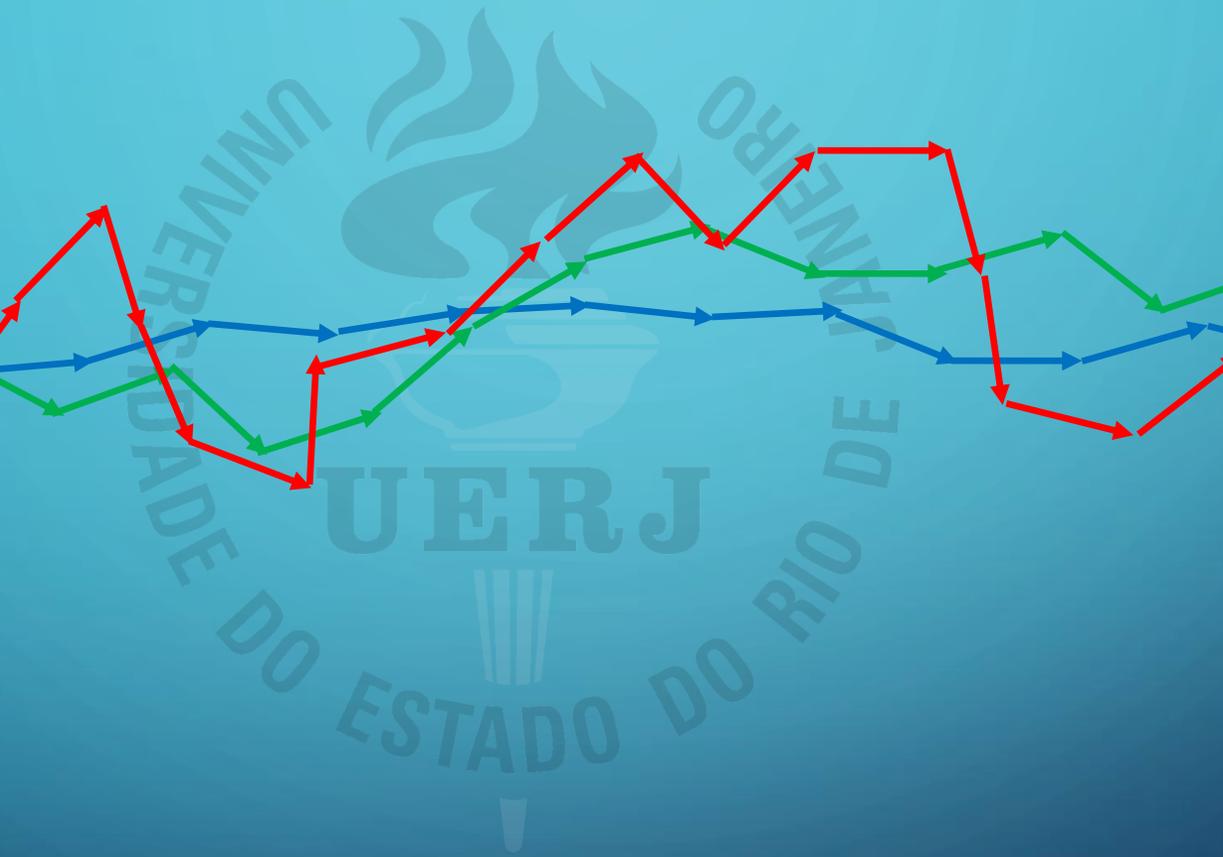
REJEIÇÃO-ACEITAÇÃO



$u \rightarrow$ variável/propriedade



Direção desejada



A petição para construir Parada de bondes foi aprovada!



Bondes

1/3

Ônibus **Bondes** Trens Embarcações Aviões Maglev

Média de espera: _____
Passageiros por dia: 0

Cidade

10:15 Verdolandia

11.671 +4.884 /H 18.683

Crédito: <https://youtu.be/MLoJZm4uPao>

CONCLUSÕES

- O método Monte Carlo é um instrumento poderoso utilizado em incontáveis áreas (Física, Meteorologia, Geologia, mercado financeiro... E jogos!
- Muitas vezes, a única maneira de se obter uma reprodução de sistemas complexos
- Envolve uma matemática muito mais complexa do que a aqui descrita, mas baseado nesses princípios básicos