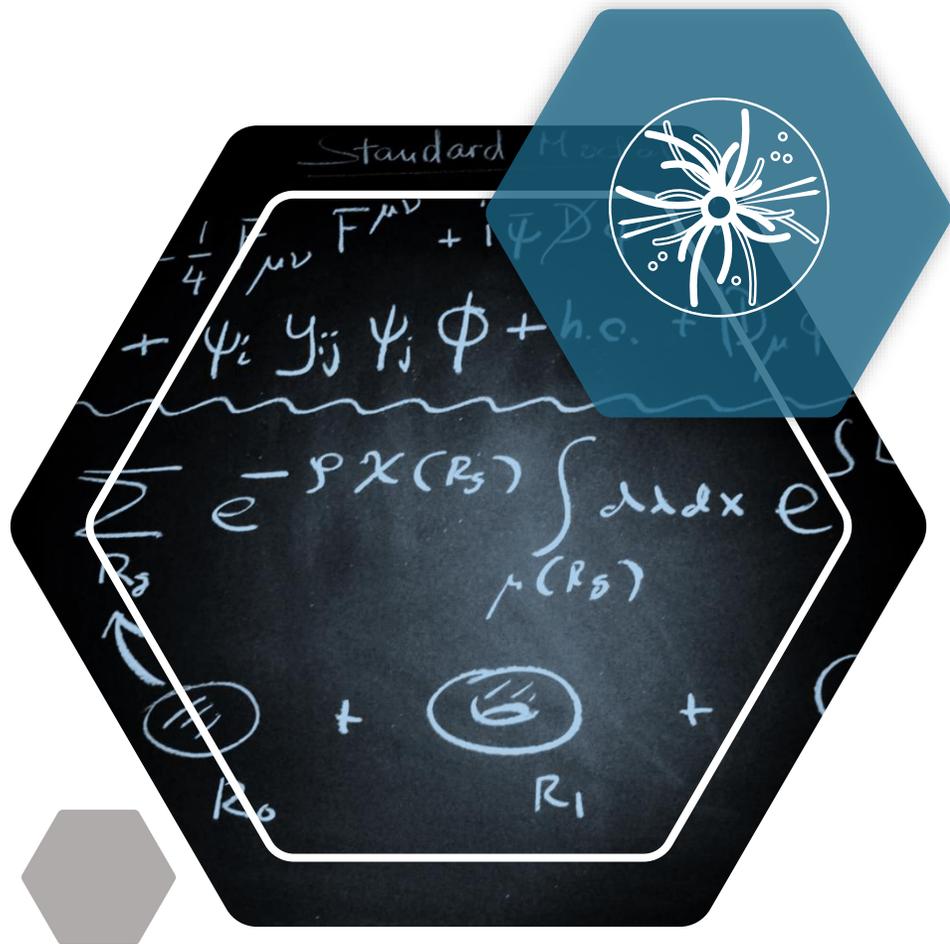


# CONSTRUINDO O MODELO PADRÃO

---

IMPLEMENTANDO UMA  
DISCIPLINA DE FÍSICA DE  
PARTÍCULAS EM UM CONTEXTO  
DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**RENAN MILNITSKY  
JULIEN MINERBO  
MARCELO MUNHOZ  
IVÃ GURGEL**



---

# PANORAMA DA PESQUISA

Física Moderna e Física de  
Partículas nas Licenciaturas  
do Brasil

# LICENCIATURAS NO BRASIL

Disciplinas obrigatórias nas Licenciaturas

## NORTE

LIC	TOT
UFAM	39
UFPA	38
UFAC	43
UFPR	33
UNIR	46
UNIFAP	45

## NORDESTE

LIC	TOT
UFBA	36
UFMA	36
UFPI	43
UFPR	42
UFRN	39
UFPR	38
UFAL	43
UFCE	32
UFPB	36

## CENTRO-OESTE

LIC	TOT
UFMT	40
UFMS	42
UFG	44

## SUL

LIC	TOT
UFRGS	54
UFSC	47
UFPR	45

## SUDESTE

LIC	TOT
UFRJ	47
USP	37
UFMG	38
UFES	44



# LICENCIATURAS NO BRASIL

Disciplinas obrigatórias de Física Moderna

## NORTE

LIC	TOT	FMC
UFAM	39	7
UFPA	38	3
UFAC	43	3
UFPR	33	2
UNIR	46	5
UNIFAP	45	3

## NORDESTE

LIC	TOT	FMC
UFBA	36	2
UFMA	36	3
UFPI	43	4
UFPR	42	4
UFRN	39	5
UFPR	38	7
UFAL	43	5
UFCE	32	3
UFPB	36	6

## CENTRO-OESTE

LIC	TOT	FMC
UFMT	40	3
UFMS	42	4
UFG	44	3

## SUL

LIC	TOT	FMC
UFRGS	54	4
UFSC	47	6
UFPR	45	4

## SUDESTE

LIC	TOT	FMC
UFRJ	47	6
USP	37	5
UFMG	38	4
UFES	44	4



# LICENCIATURAS NO BRASIL

## Disciplinas obrigatórias de Física de Partículas

### NORTE

LIC	TOT	FMC	FP
UFAM	39	7	0
UFPA	38	3	0
UFAC	43	3	0
UFPR	33	2	0
UNIR	46	5	0
UNIFAP	45	3	0

**0**  
CURSOS

### NORDESTE

LIC	TOT	FMC	FP
UFBA	36	2	0
UFMA	36	3	0
UFPI	43	4	0
UFPR	42	4	0
UFRN	39	5	1
UFPR	38	7	1
UFAL	43	5	0
UFCE	32	3	1
UFPB	36	6	1

**4**  
CURSOS

### CENTRO-OESTE

LIC	TOT	FMC	FP
UFMT	40	3	0
UFMS	42	4	0
UFG	44	3	1

**1**  
CURSO

### SUL

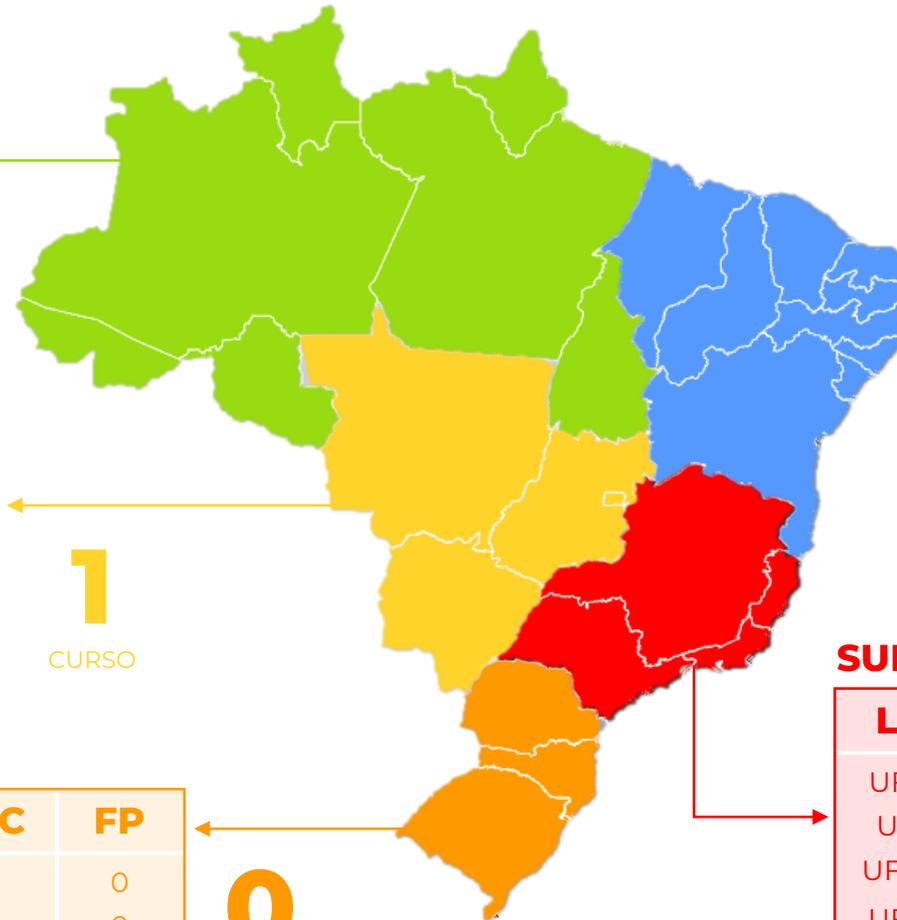
LIC	TOT	FMC	FP
UFRGS	54	4	0
UFSC	47	6	0
UFPR	45	4	0

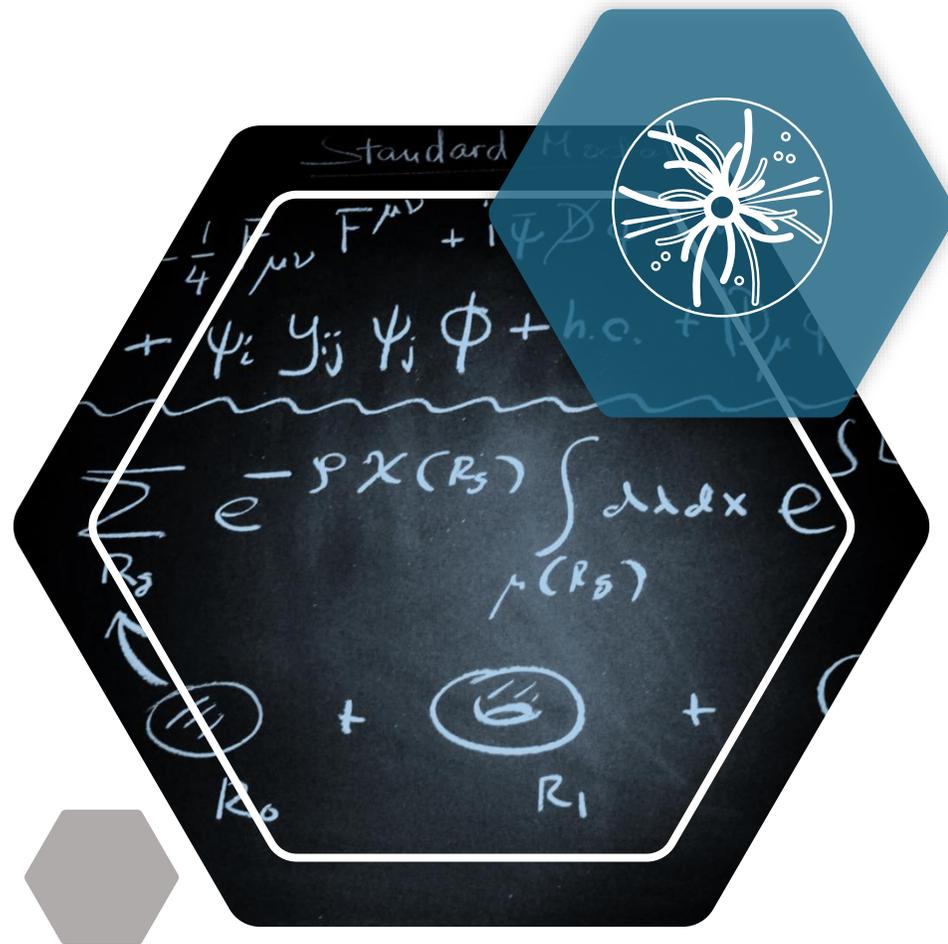
**0**  
CURSOS

### SUDESTE

LIC	TOT	FMC	FP
UFRJ	47	6	0
USP	37	5	1
UFMG	38	4	0
UFES	44	4	0

**1**  
CURSO





---

# TRAJETÓRIAS

## ENSINO DA FP

O famoso quadro do Modelo Padrão e a aproximação entre docentes e cientistas

# TRAJETÓRIAS ENSINO DA FP

Grandes projetos da FP desde os anos 80

**SSC**

(Superconducting Super Collider)



1987 - 1993

**LHC**

(Large Hadron Collider)



1994 - 2008

**FCC**

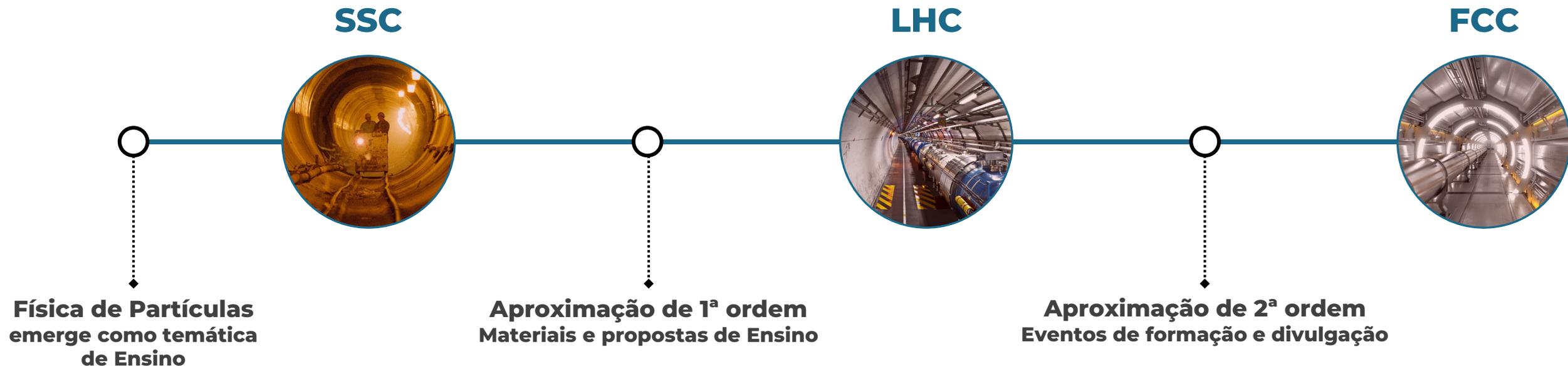
(Future Circular Collider)



2019 – 2040?

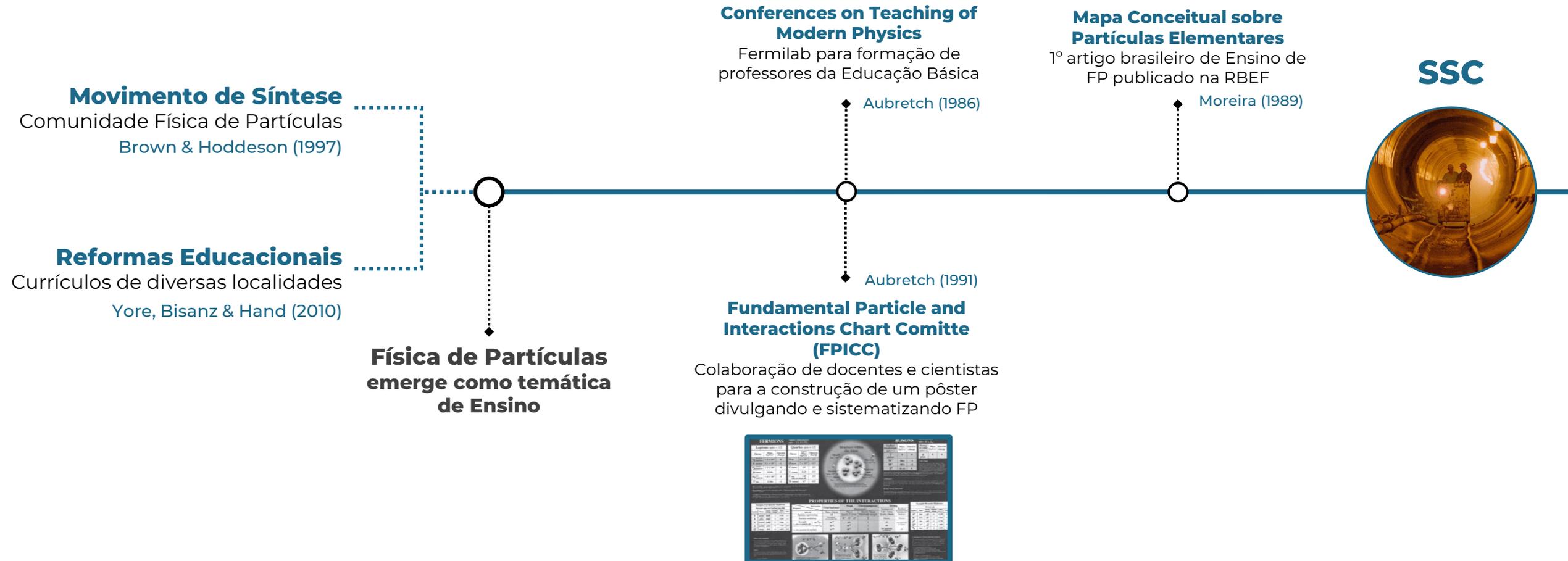
# TRAJETÓRIAS ENSINO DA FP

A relação do ensino com grandes projetos da FP



# TRAJETÓRIAS ENSINO DA FP

Emergência no ensino e aproximação de 1ª ordem



# TRAJETÓRIAS ENSINO DA FP

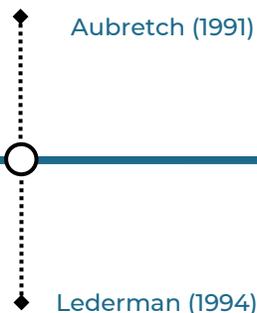
Aproximação de 1ª ordem entre docentes e cientistas

SSC



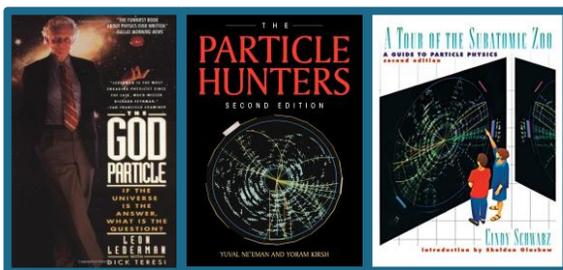
## Crescente oferecimento de cursos de formação em FP

Oferecidos pelo FERMILAB e focados na educação básica



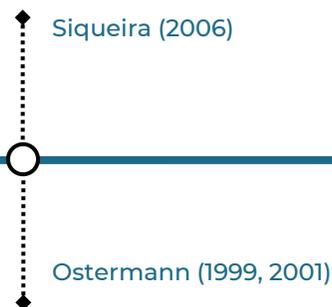
## Crescente publicação de obras de divulgação da FP

Destaque para The God Particle de Leon Lederman



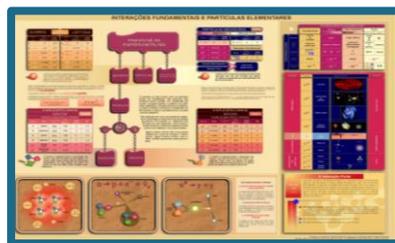
## NUPIC e o Currículo do Estado de São Paulo

Transposição Didática e FP no Ensino Médio



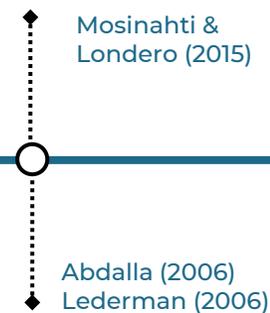
## Ação com Licenciandos e Formação Inicial de Professores

Tradução de textos e adaptação do pôster do FPICC



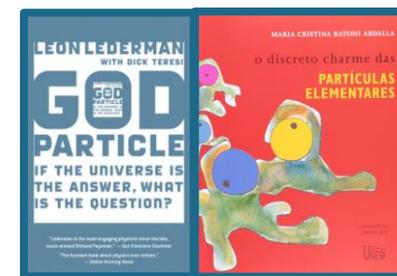
## Difusão e crescente número de propostas de Ensino de FP

Presença em Teses, Dissertações, Congressos e Artigos

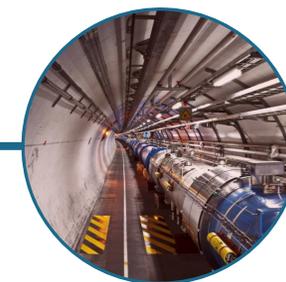


## Revisitação e publicação de novas obras de divulgação

Destaque de o Discreto Charme das Partículas Elementares



LHC



# TRAJETÓRIAS ENSINO DA FP

Aproximação de 2ª ordem entre docentes e cientistas

LHC



**Escolas de Física do CERN**  
Participação na versão portuguesa e criação de grupo brasileiro

Garcia (2015)

Watanabe, Gurgel & Munhoz (2014)

Begali & Billow (2019)

**Masterclasses Hands-On Particle Physics**

Participação brasileira nos eventos internacionais



**Dinâmica da Interação entre docentes e cientistas**

Investigando significados atribuídos por docentes e cientistas

Watanabe (2012, 2015)  
Harre (2017, 2018)

Goldfarb (2019)

**International Particle Physics Outreach Group (IPPOG)**

Ampliação do grupo europeu e institucionalização de um grupo internacional para coordenar as ações de divulgação



**Criação do IPPOG-Brasil**

Braço brasileiro do IPPOG que organiza atividades no Brasil

FCC



**I Encontro de Divulgação e Ensino da FP – IPPOG Brasil**  
Ampliação dos estudos sobre divulgação e sobreposição sobre os de Ensino



# O FAMOSO QUADRO DO MODELO PADRÃO

- 1 **ESTRUTURA**  
Interações Fortes
- 2 **DECAIMENTOS**  
Interações Fracas
- 3 **INTERAÇÕES**  
Fortes, Fracas e Eletromagnéticas
- 4 **ORIGEM DAS MASSAS**  
Mecanismo de Higgs

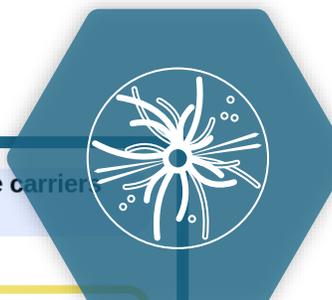
	three generations of matter (fermions)			interactions / force carrier (bosons)	
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	

QUARKS

LEPTONS

GAUGE BOSONS  
VECTOR BOSONS

SCALAR BOSONS



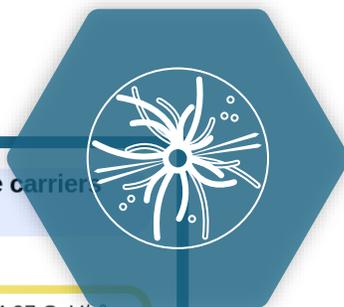
# COMO

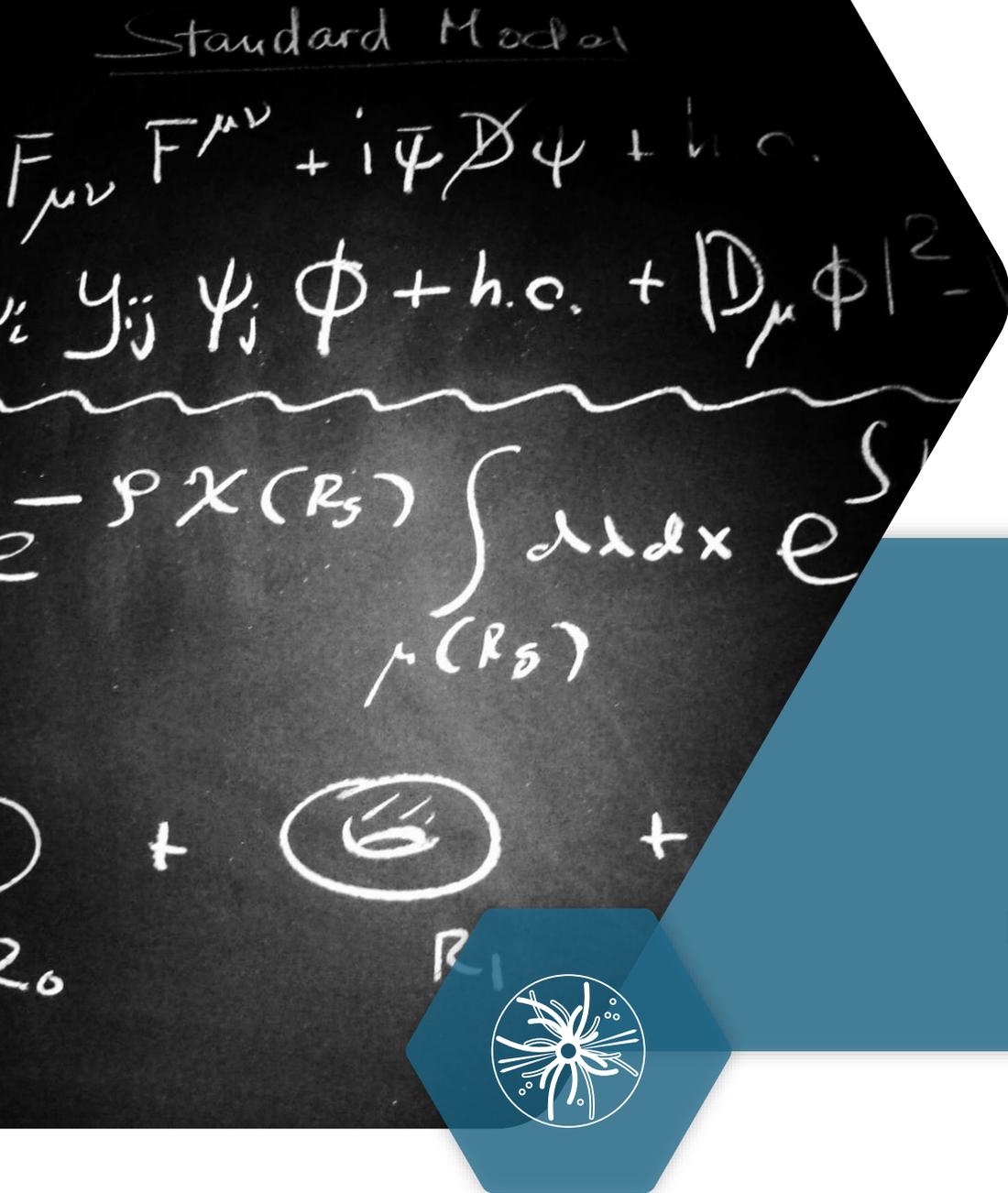
esse quadro foi construído?

# O QUE

esse quadro representa?

	three generations of matter (fermions)			interactions / force carrier (bosons)	
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
<b>QUARKS</b>	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
<b>LEPTONS</b>	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.360 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	$\pm 1$	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	
					<b>GAUGE BOSONS</b> <b>VECTOR BOSONS</b>
					<b>SCALAR BOSONS</b>

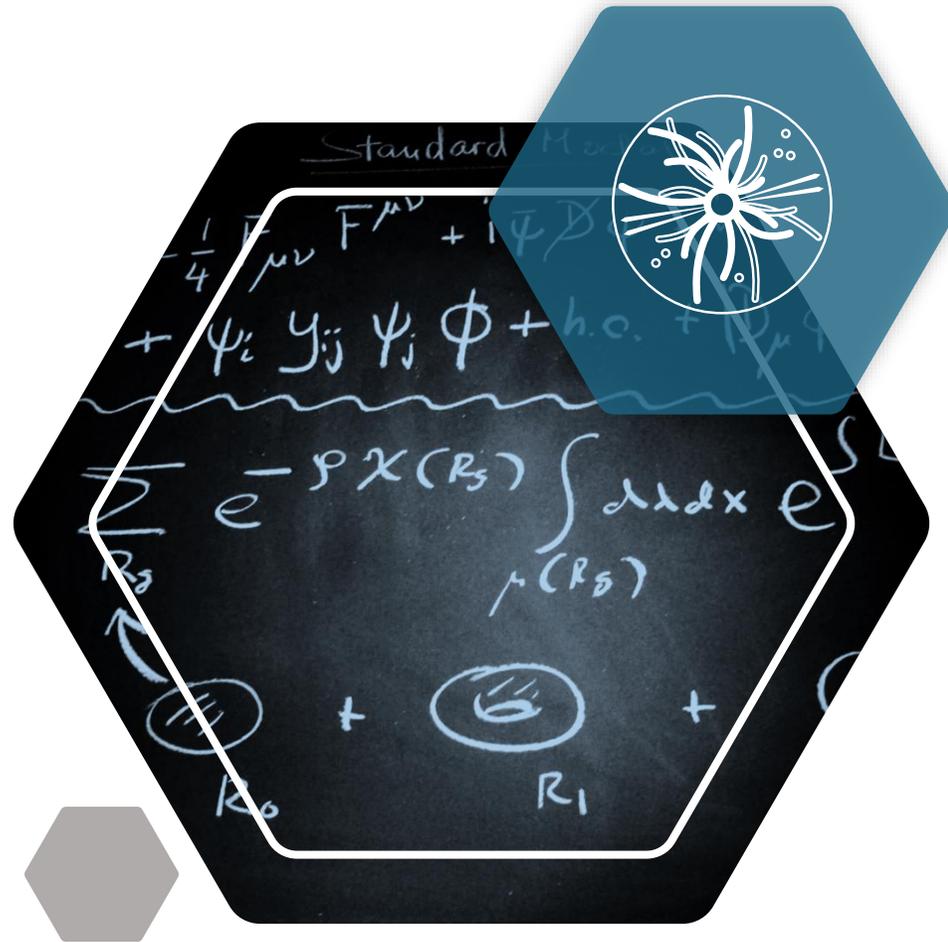




# PROPOSTA DAS PESQUISAS

Elaborar e implementar uma disciplina de Física de Partículas para Licenciatura em Física, dando enfoque em aspectos históricos, teóricos e experimentais que nos permitam **compreender o processo de construção do Modelo Padrão** da Física de Partícula, **promovendo reflexões e ações sobre seu ensino** na educação básica





---

# ÓBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Fundamentos Teóricos que  
inspiraram a construção da disciplina

---

# OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Fundamento Teórico-Epistemológico

## HIPÓTESES NORTEADORAS DA DISCIPLINA



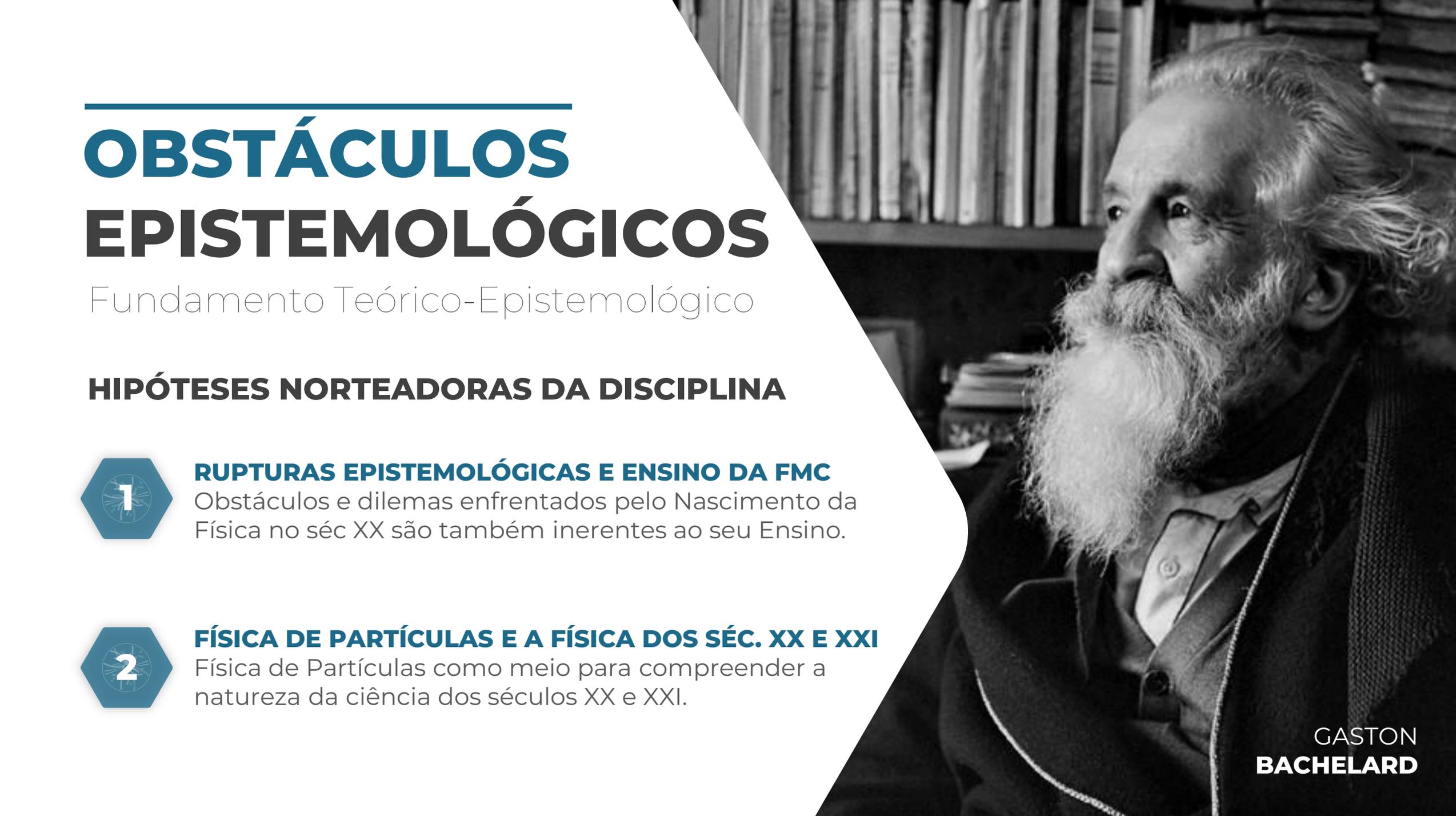
### **RUPTURAS EPISTEMOLÓGICAS E ENSINO DA FMC**

Obstáculos e dilemas enfrentados pelo Nascimento da Física no séc XX são também inerentes ao seu Ensino.

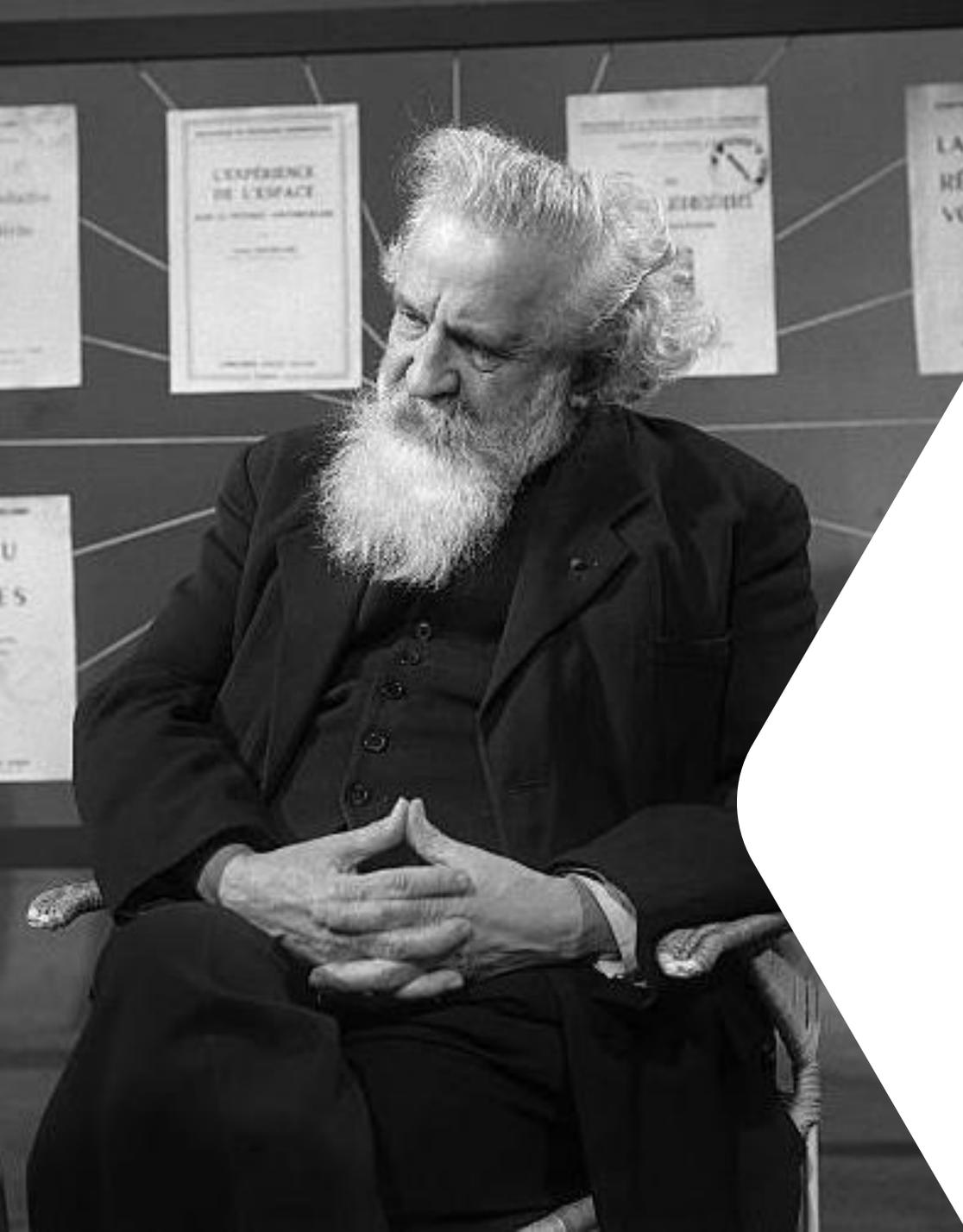


### **FÍSICA DE PARTÍCULAS E A FÍSICA DOS SÉC. XX E XXI**

Física de Partículas como meio para compreender a natureza da ciência dos séculos XX e XXI.



GASTON  
BACHELARD



# OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Fundamento Teórico-Epistemológico



Quando se avalia as condições de progresso da ciência, logo se chega à conclusão de que **é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado.**

**Bachelard (1938, p.17)**

Segundo Bachelard, a ciência se desenvolve a partir da superação de obstáculos, isto é, pela **reavaliação dos aspectos teóricos e experimentais** que guiam seu desenvolvimento.



---

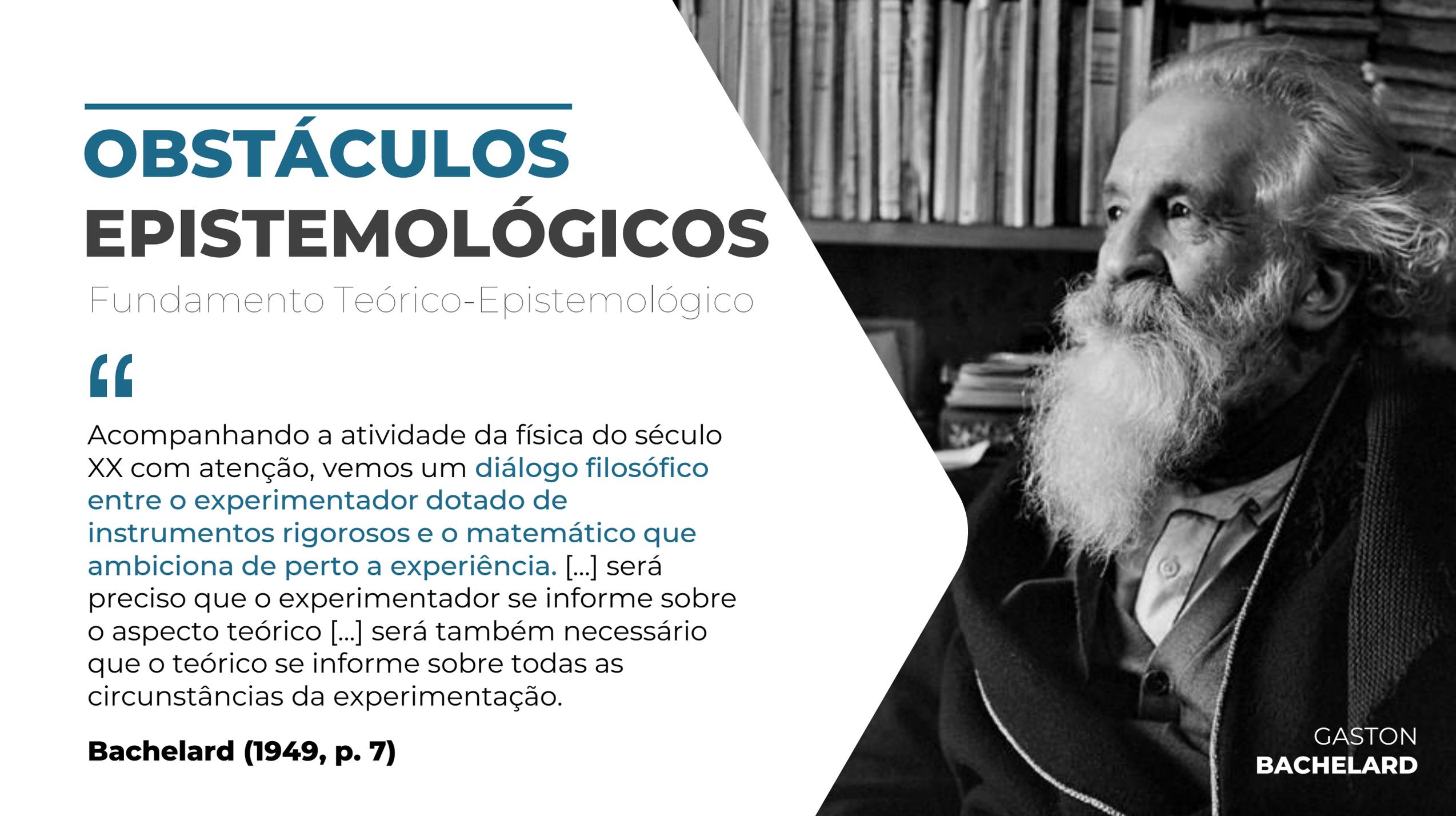
# OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Fundamento Teórico-Epistemológico

“

Acompanhando a atividade da física do século XX com atenção, vemos um **diálogo filosófico entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona de perto a experiência.** [...] será preciso que o experimentador se informe sobre o aspecto teórico [...] será também necessário que o teórico se informe sobre todas as circunstâncias da experimentação.

**Bachelard (1949, p. 7)**



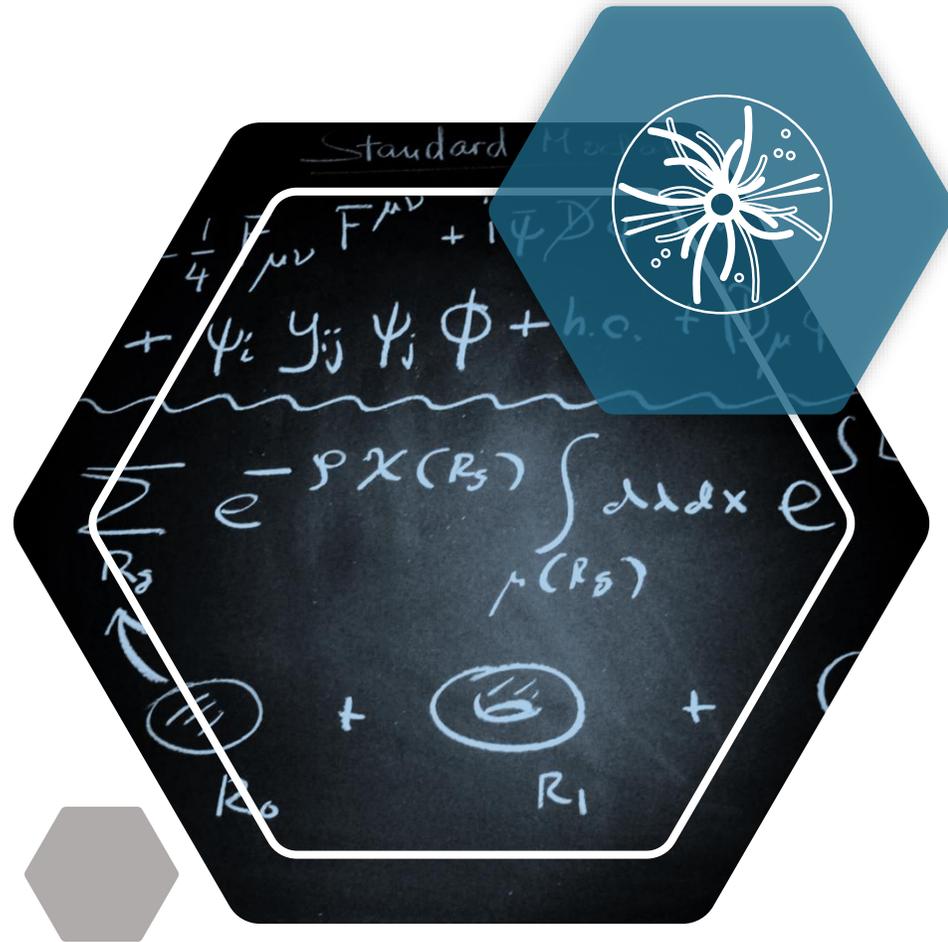
GASTON  
**BACHELARD**

“

Acompanhando a atividade da física do século XX com atenção, vemos um **diálogo filosófico entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona de perto a experiência.** [...] será preciso que o experimentador se informe sobre o aspecto teórico [...] será também necessário que o teórico se informe sobre todas as circunstâncias da experimentação.

**Bachelard (1949, p. 7)**





---

# A CONSTRUÇÃO DA DISCIPLINA

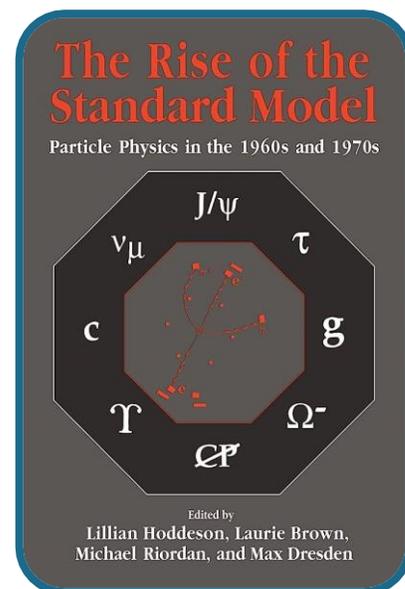
Construindo o Modelo Padrão  
como a Narrativa Conceitual da  
disciplina



# INSPIRANDO A DISCIPLINA

Two Previous Standard Models

2006



“

Meu propósito é revelar que outros contextos também tiveram os impulsos intelectuais que movem a física de partículas atualmente, e que, assim como hoje, **eles revelaram evidências persuasivas para apoiar o “modelo padrão” de seu próprio tempo.**

**Heilbron (2006, p.45)**



## PONTO DE PARTIDA

A famosa tabela do Modelo Padrão

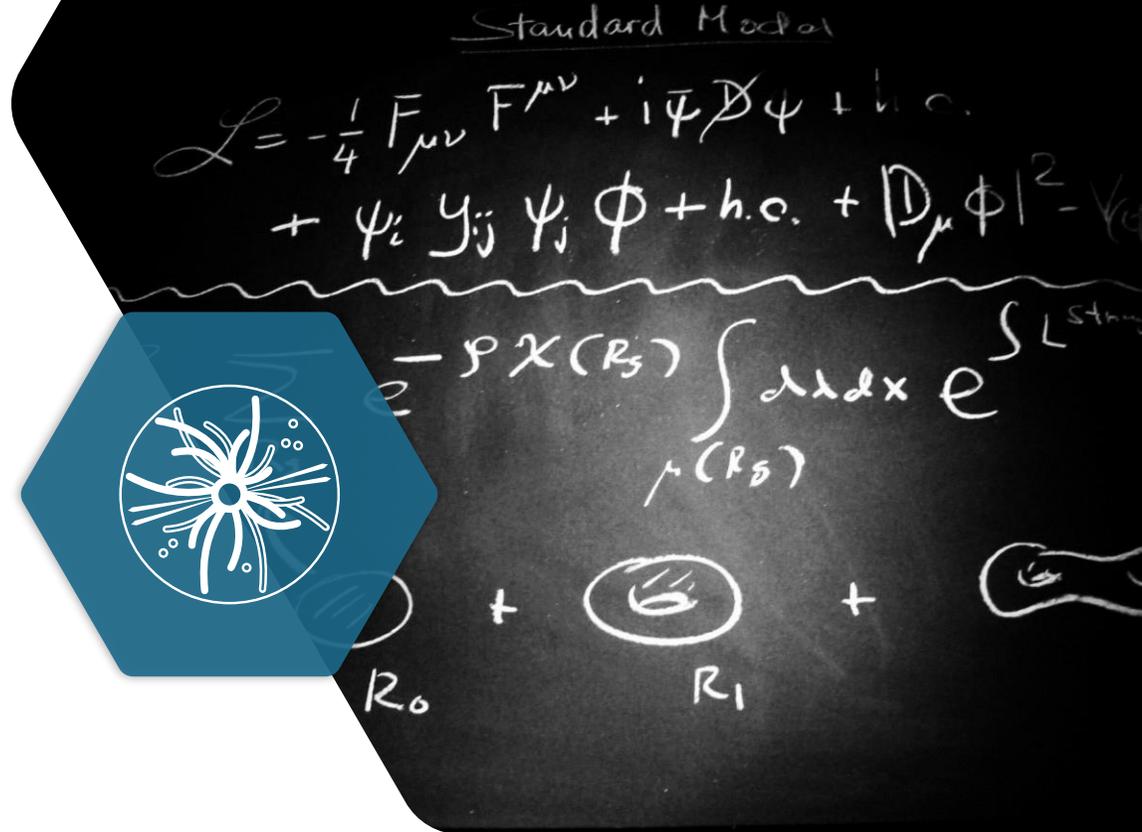
AO INVÉS DE INICIAR,  
ENCERRAR COM ELA

# MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

1964 - Atual

			three generations of matter (fermions)			interactions / force carriers (bosons)	
			I	II	III		
QUARKS	+1/6 baryon	u up	c charm	t top	g gluon	H higgs	SCALAR BOSONS
	+2/3 baryon	d down	s strange	b bottom	γ photon		
	+1/3 baryon	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson		
LEPTONS	+1/2 baryon	ν <sub>e</sub> electron neutrino	ν <sub>μ</sub> muon neutrino	ν <sub>τ</sub> tau neutrino	W W boson		GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS
	+1/6 baryon						
	+1/3 baryon						

ENTENDÊ-LA NÃO COMO PRODUTO,  
MAS COMO UM PROCESSO HISTÓRICO



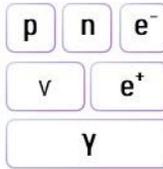
# A DISCIPLINA

NARRATIVA CONCEITUAL

## IDEAIS DE MODELO PADRÃO

### MODELO ESTRUTURAL ATÔMICO

1890 - 1935



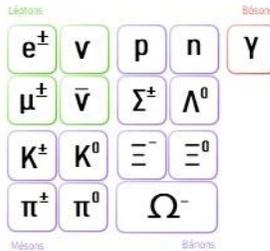
### MODELO QUÂNTICO DE INTERAÇÕES

1935 - 1947



### MODELO SIMETRIAS E CONSERVAÇÕES

1947 - 1964



### PRELÚDIO AO MODELO PADRÃO

1964

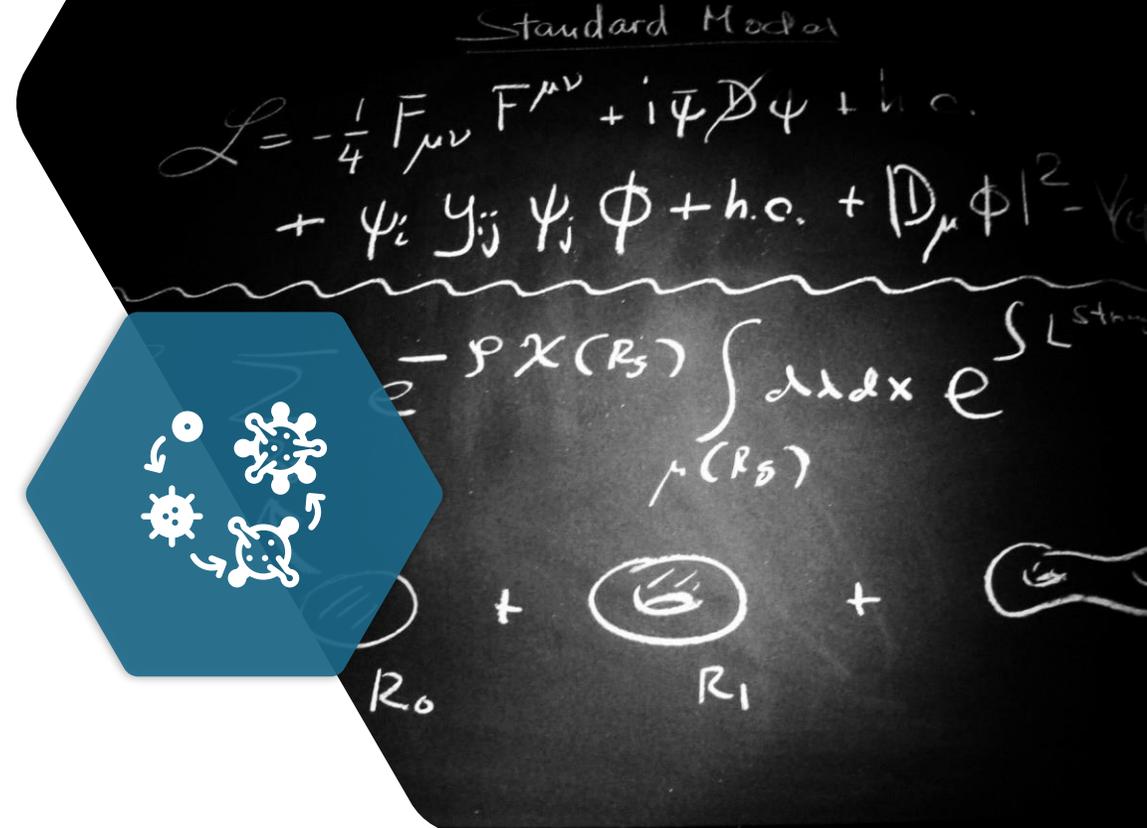


### MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

1964 - Atual



AO LONGO DA FÍSICA DO SÉCULO XX



# A DISCIPLINA NARRATIVA CONCEITUAL

Como seria o “Modelo Padrão” de diferentes momentos da Física ao longo do Séc. XX?

# MODELO

## ESTRUTURAL E ATÔMICO

p

n

e<sup>-</sup>

v

e<sup>+</sup>

γ

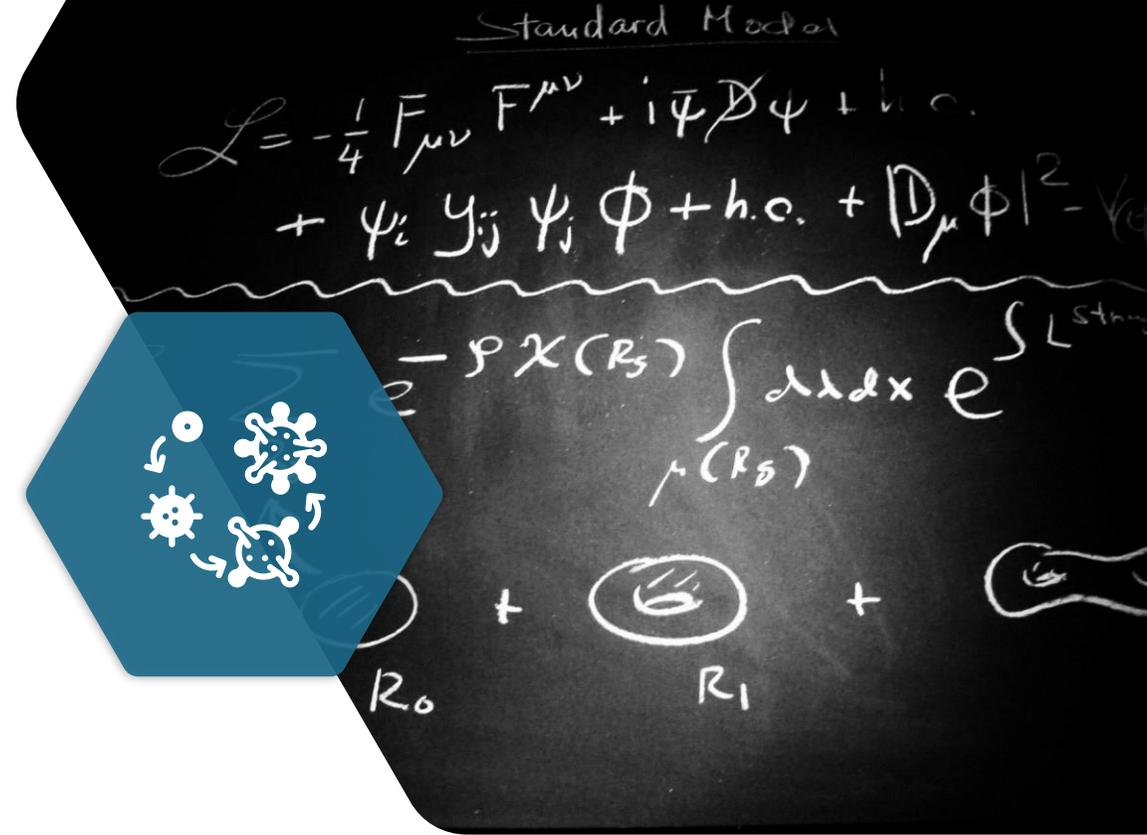
ACOMPANHA A BUSCA POR UMA MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA E BUSCA EXPLICAÇÕES A PARTIR DE ESTRUTURAS ELEMENTARES



## A DISCIPLINA

### NARRATIVA CONCEITUAL

Como seria o “Modelo Padrão” de diferentes momentos da Física ao longo do Séc. XX?



# MODELO

## QUÂNTICO DE INTERAÇÕES

Interações Fortes

p

n

$\pi^0$

$\pi^+$

$\gamma$

Interações Fracas

$e^+$

$e^-$

$\mu^+$

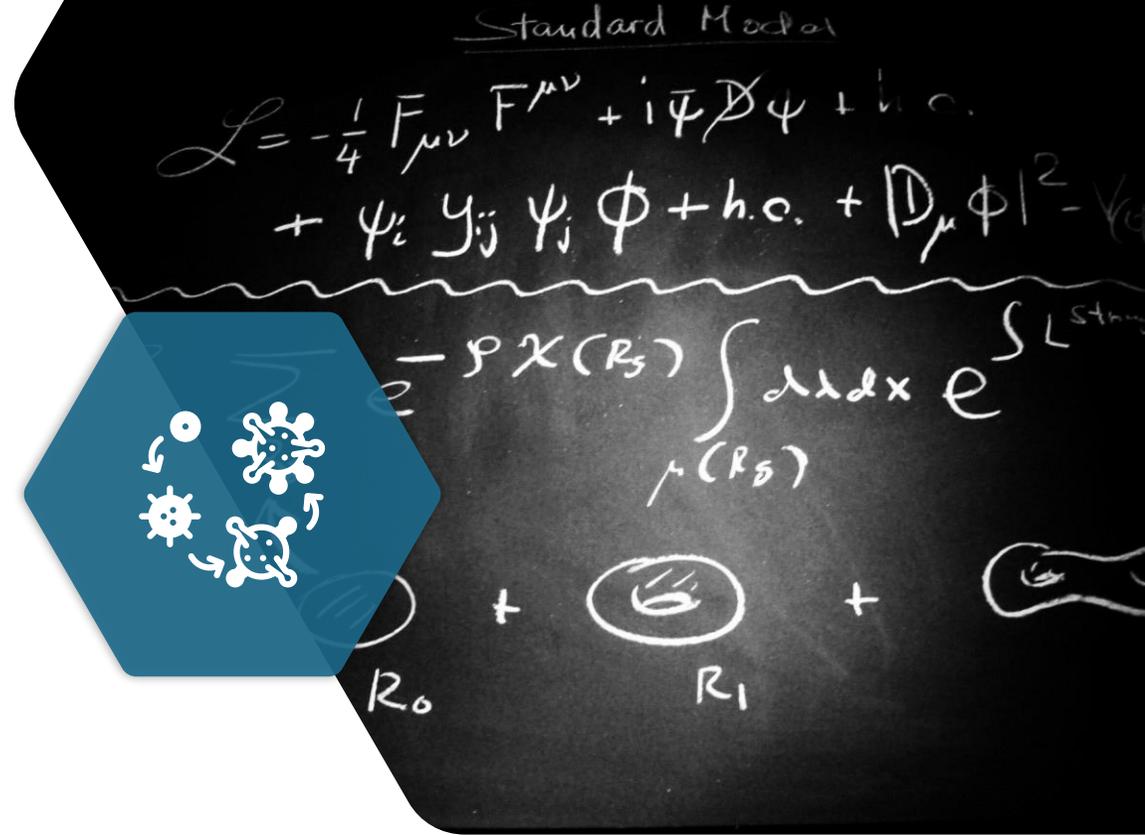
$\mu^-$

$\nu$

$\bar{\nu}$

Interações  
Eletromagnéticas

**DESLOCA A BUSCA DE UMA  
MECÂNICA QUÂNTICA PARA UMA  
TEORIA QUÂNTICA DE CAMPOS**



## A DISCIPLINA

### NARRATIVA CONCEITUAL

Como seria o “Modelo Padrão” de diferentes momentos da Física ao longo do Séc. XX?

# MODELO

## SIMETRIAS E CONSERVAÇÕES

Léptons

$e^\pm$   $\nu$

$\mu^\pm$   $\bar{\nu}$

$K^\pm$   $K^0$

$\pi^\pm$   $\pi^0$

Mésons

Bárions

$p$   $n$

$\Sigma^\pm$   $\Lambda^0$

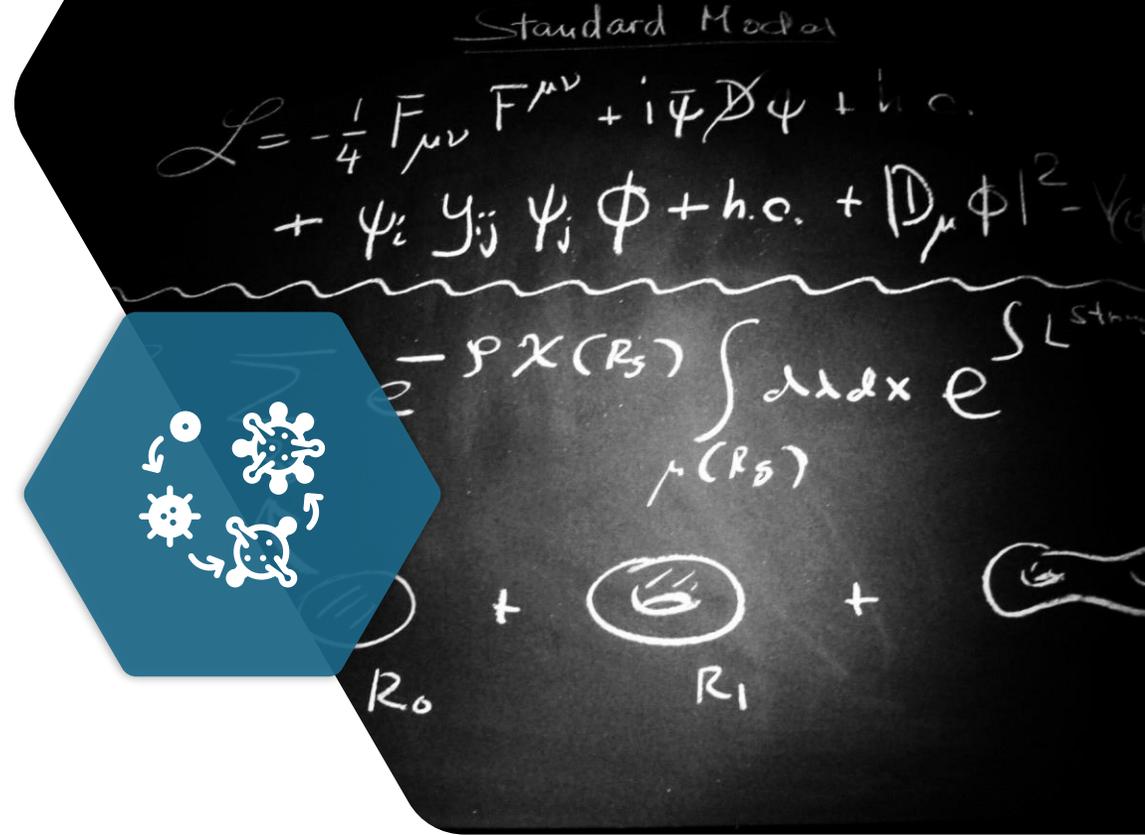
$\Xi^-$   $\Xi^0$

$\Omega^-$

$\gamma$

Bósons

INVESTIGAÇÃO DAS PARTÍCULAS  
ESTRANHAS À LUZ DE **SIMETRIAS E**  
**PRINCÍPIOS DE CONSERVAÇÃO**



## A DISCIPLINA

### NARRATIVA CONCEITUAL

Como seria o “Modelo Padrão” de diferentes momentos da Física ao longo do Séc. XX?

# PRELÚDIO AO MODELO PADRÃO

Quarks

u

d

s

Léptons

e

$\mu$

$\nu$

Bósons  
Vetoriais

$\gamma$

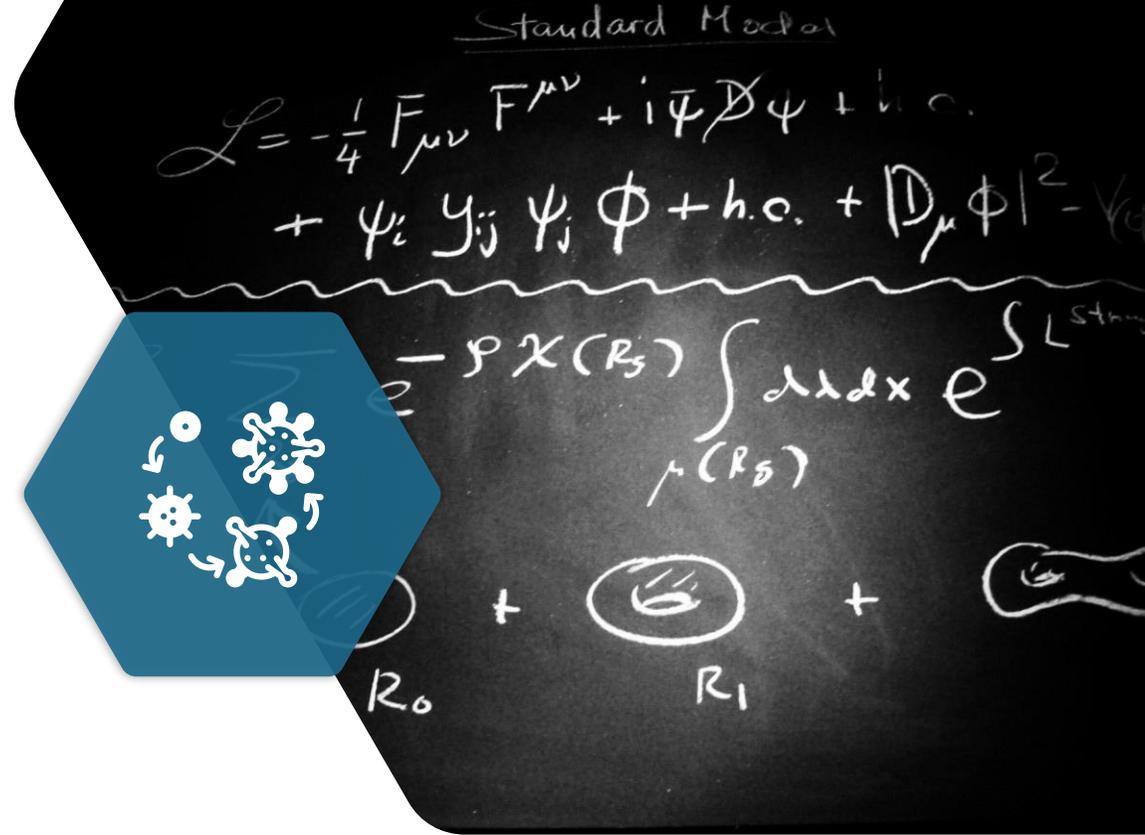
g

$W^{\pm}$

Bósons  
Escalares

H

DESCREVE ESTRUTURA E  
INTERAÇÕES A PARTIR DE **GRUPOS**  
E **QUEBRAS DE SIMETRIAS**



## A DISCIPLINA

### NARRATIVA CONCEITUAL

Como seria o “Modelo Padrão” de diferentes momentos da Física ao longo do Séc. XX?

# O FAMOSO QUADRO DO MODELO PADRÃO

- 1 **ESTRUTURA**  
Interações Fortes
- 2 **DECAIMENTOS**  
Interações Fracas
- 3 **INTERAÇÕES**  
Fortes, Fracas e Eletromagnéticas
- 4 **ORIGEM DAS MASSAS**  
Mecanismo de Higgs

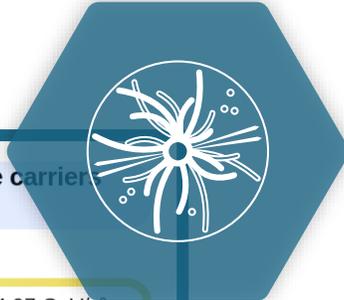
	three generations of matter (fermions)			interactions / force carrier (bosons)	
	I	II	III		
mass	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
charge	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> higgs
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
	<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b>Z</b> Z boson	
	<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b>W</b> W boson	

**QUARKS** (I, II, III)

**LEPTONS** (e,  $\mu$ ,  $\tau$ ,  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$ )

**GAUGE BOSONS VECTOR BOSONS** (g,  $\gamma$ , Z, W)

**SCALAR BOSONS** (H)

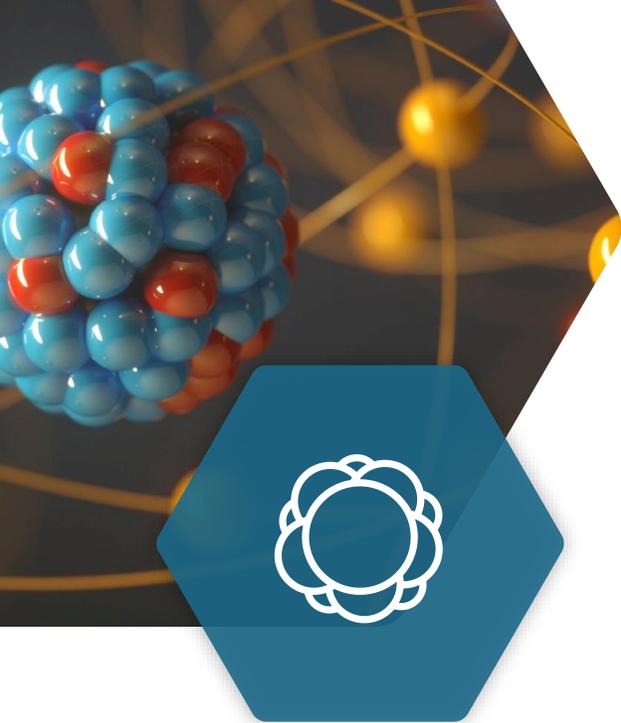




---

# IMPLEMENTAÇÃO DA DISCIPLINA

Proposta, Ementa e Instrumentos de Avaliação: estrutura proposta para a disciplina Física Moderna IIA



# ORGANIZAÇÃO DAS AULAS

Física Moderna IIA



**Física de  
Partículas**

18

AULAS

**Discussão e  
apresentação dos  
conceitos e bases  
teóricas e experimentais**  
da Física de Partículas.



**História da  
Física de Part.**

6

AULAS

**Discussão histórica e  
reflexão epistemológica**  
sobre a construção dos  
conceitos estudados  
na disciplina.



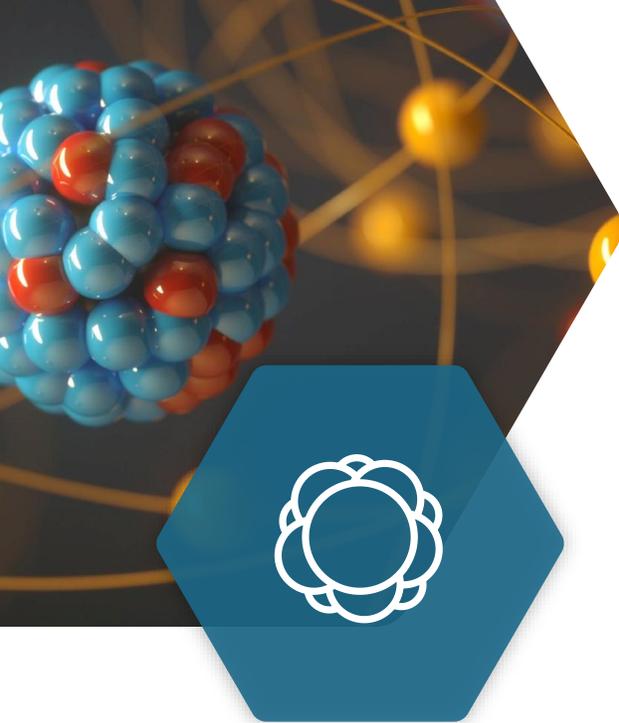
**Currículo e  
Ensino da FP**

5

AULAS

**Discussão sobre as bases  
curriculares e estratégias  
de ensino** de Física de  
Partículas na educação  
básica.





# INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Física Moderna IIA



**Estudos  
de Caso**

01

EM GRUPO

**Resolução de 3 estudos de caso** envolvendo os conceitos, formalismos teóricos e experimentos estudados ao longo dos blocos de discussões.



**Resenhas  
Dirigidas**

02

INDIVIDUAL

**Escrita de 3 resenhas** inspiradas na leitura de um texto, refletindo sobre a construção dos conhecimentos discutidos na disciplina e como eu (estudante) articulo meus pensamentos sobre eles.



**Minicurso  
FP no EM**

03

EM GRUPO

**Elaborar e aplicar uma aula** de Física de Partículas que será oferecida como parte de um minicurso direcionado a estudantes de Ensino Médio.



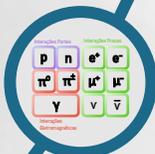
BLOCO 5



# BLOCO 1



BLOCO 2



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

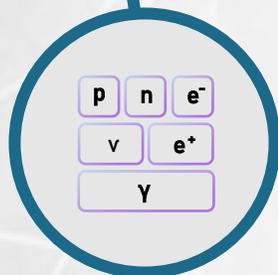
## MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA

- 1 Equações de Klein-Gordon e Dirac
- 2 Paradoxo de Klein, Antimatéria e Mar de Dirac
- 3 Detecção de Pósitrons e a Câmara de Nuvens
- 4 Problemas Nucleares: Nêutrons e Neutrinos

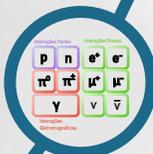
BLOCO 5



# BLOCO 1



BLOCO 2



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

Física Moderna IIA

## MECÂNICA QUÂNTICA RELATIVÍSTICA

1

### RESENHA 1

A autenticação do Pósitron e o Congresso de Solvay de 1933

*(Ana-Marie Cretu)*

2

### ESTUDO DE CASO 1

Caracterização de partículas e processos e determinação de energias e momentos em Câmaras de Nuvens

# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

## PARTÍCULAS E INTERAÇÕES

- 1 Potencial de Yukawa e Partículas Mediadoras
- 2 Chuveiro cósmico e cadeia de decaimento de Píons e Múons
- 3 Diagramas de Feynman: construção e amplitude de transição
- 4 Problema dos infinitos, Renormalização e as interações Fortes e Fracas

## BLOCO 2

BLOCO 1



BLOCO 3



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

## PARTÍCULAS E INTERAÇÕES

1

### RESENHA 2

O tortuoso caminho em busca de uma Teoria Quântica de Campos

*(Andrew Pickering)*

2

### ESTUDO DE CASO 2

Estimando a vida média de de múons a partir de sua detecção em diferentes altitudes

BLOCO 1



BLOCO 2



BLOCO 3



# EMENTA

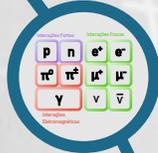
## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

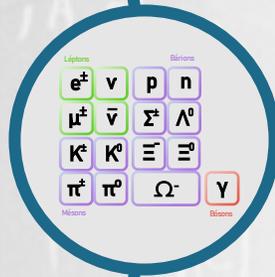
## SIMETRIAS E PRINCÍPIOS DE CONSERVAÇÃO

- 1 Partículas Estranhas e Conservação para Mésons e Bárions
- 2 Estranheza e descrição de Kaons: Conservações na produção e violações no decaimento
- 3 Decaimentos do  $K^0$  e descrição quântica de estados mistos
- 4 Isospin e representações em multipletto de partículas
- 5 Caminho Octeto e a detecção do  $\Omega^-$

BLOCO 2



BLOCO 3



BLOCO 4



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

## SIMETRIAS E PRINCÍPIOS DE CONSERVAÇÃO

1

### RESENHA 3

Abordagens diretas e indiretas em Física Teórica

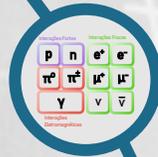
*(Murray Gell-Mann)*

2

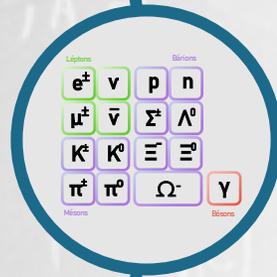
### ESTUDO DE CASO 3

Caracterizando partículas estranhas em Câmaras de Bolha

BLOCO 2



BLOCO 3



BLOCO 4



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

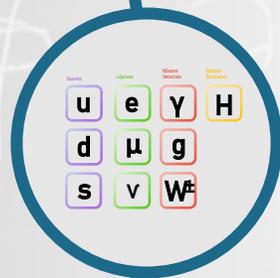
## PRELÚDIO AO MODELO PADRÃO

- 1 Quarks, Confinamento, Liberdade Assintótica e a detecção no SLAC
- 2 Bósons Z e W, correntes eletrofracas e a detecção no SPS
- 3 Mecanismo de Higgs, invariância de Gauge e a detecção no LHC

BLOCO 3



**BLOCO 4**



BLOCO 5



BLOCO 3

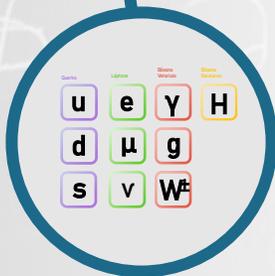


# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

**BLOCO 4**



## PRELÚDIO AO MODELO PADRÃO

1

### RESENHA 4

Quarks, QCD e confinamento:  
a realidade de entidades confinadas

*(Gell-Mann, Teller & Redhead)*

2

### ESTUDO DE CASO 4

Descrevendo interações fortes e  
fracas com Diagramas de Feynman

BLOCO 5



BLOCO 4



# BLOCO 5



BLOCO 1



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

## MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS



Modelo Padrão e formalismo lagrangeano



LHC e as questões em aberto da Física de Partículas na atualidade

BLOCO 4



# EMENTA

## DA DISCIPLINA

### Física Moderna IIA

**BLOCO 5**



## MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

1

### RESENHA 5

Abrindo interpretando a Lagrangeana do Modelo Padrão

*(Symmetry Magazine)*

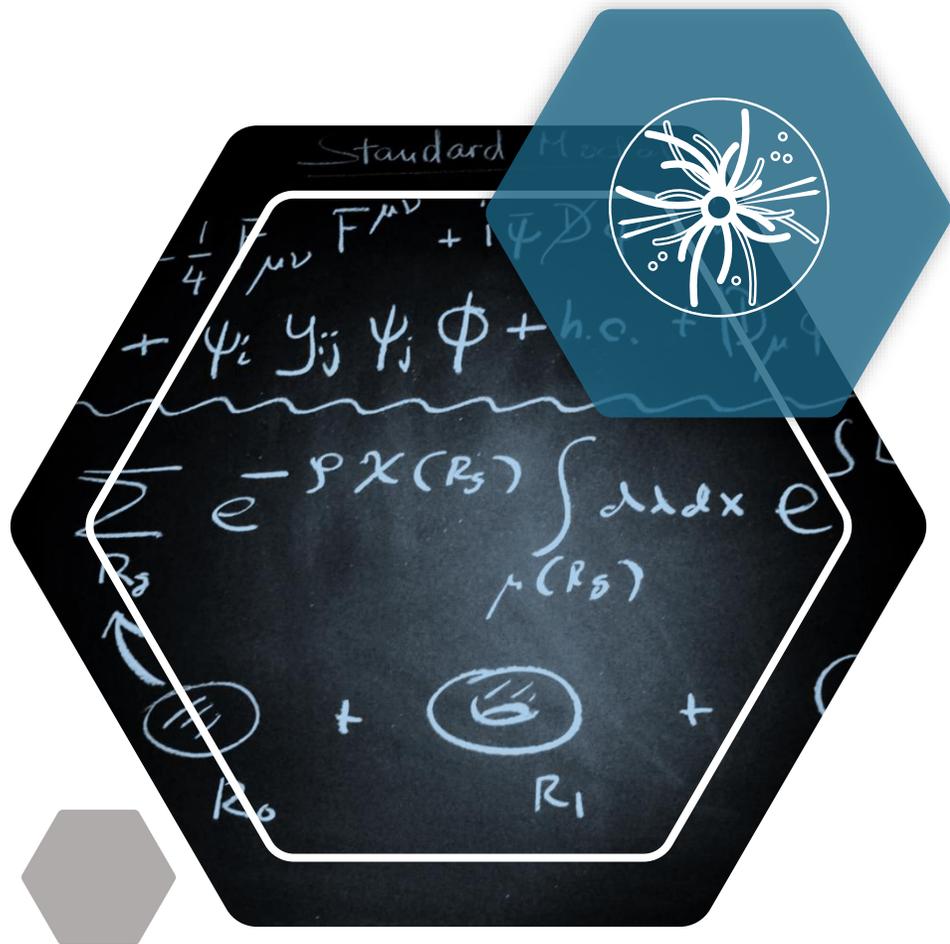
2

### ESTUDO DE CASO 5

Investigando o plasma de Quarks e Glúons no experimento ALICE do LHC

BLOCO 1





---

**MUITO  
OBRIGADO!**



RENAN.MILNITSKY@USP.BR