Dimensões Extras Universais

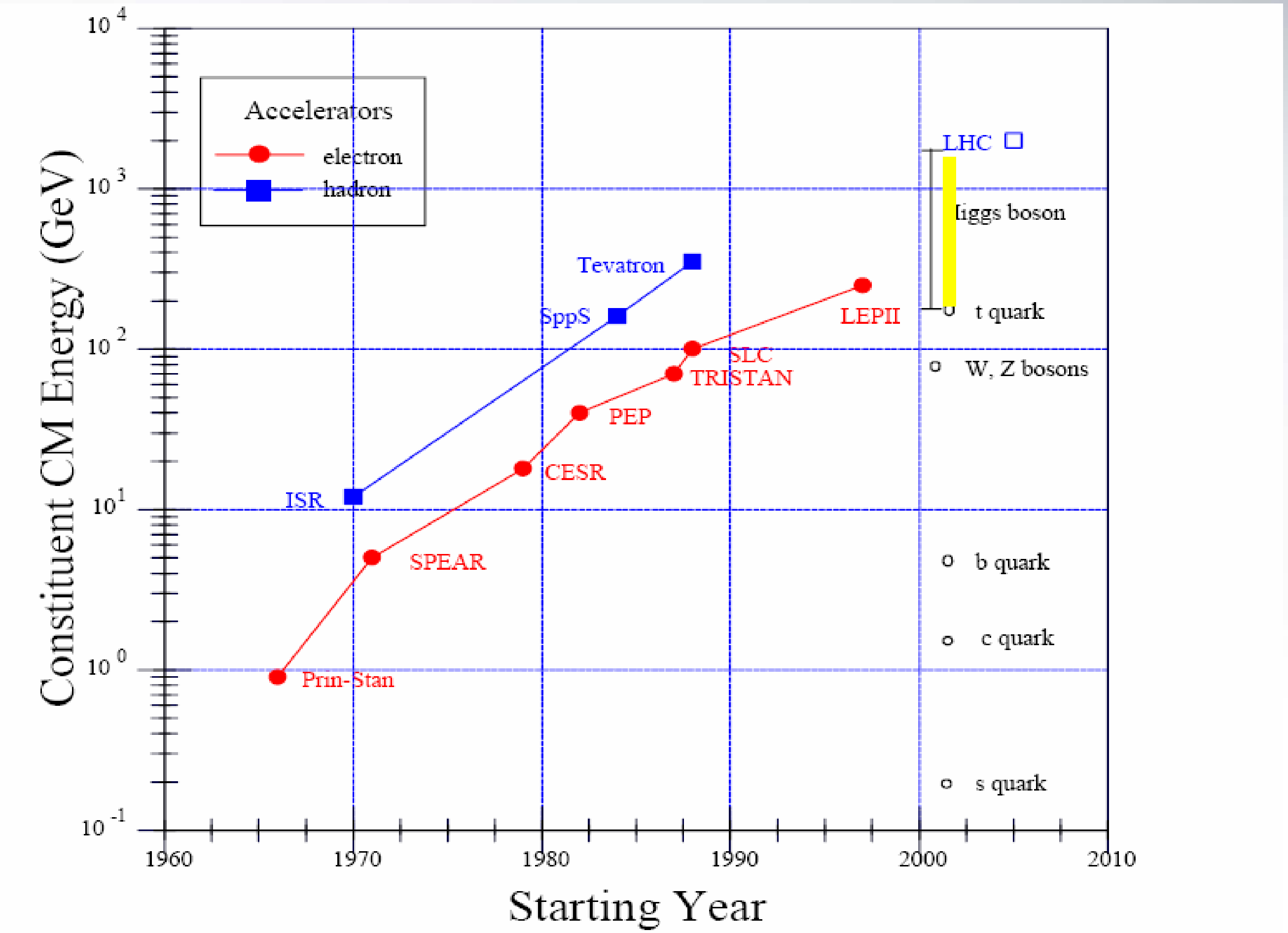
Parte 1: Fenomenologia

Pedro Mercadante (UNESP)

Sumário

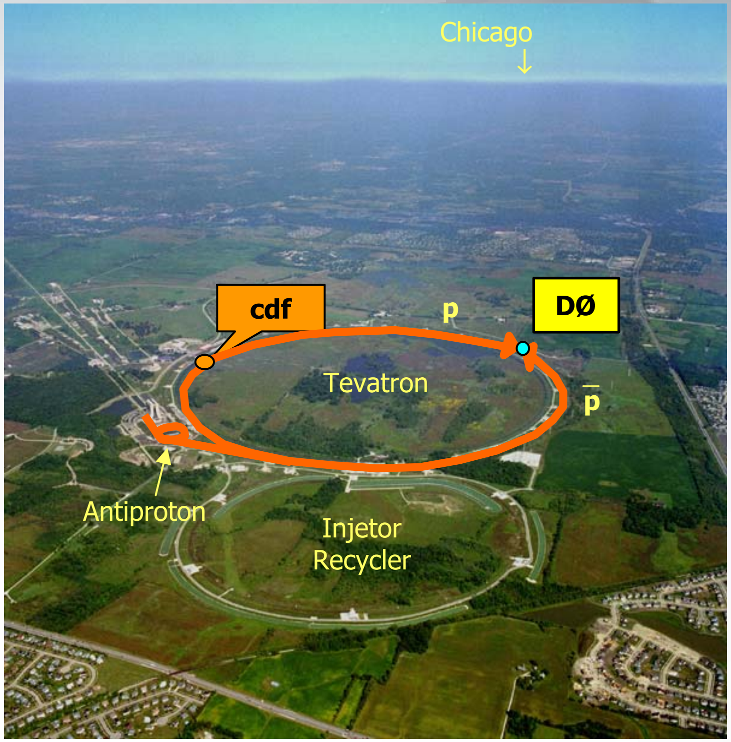
- Motivação
- Simulação
  - Pythia
  - Pythia ued
- Resultados

Aceleradores: atuais, antigos e futuros



Por que a escala de TeV é especial?

- É a escala da quebra da simetria eletrofraca
- Não sabemos como a massa é gerada
- No modelo padrão o mecanismo de Higgs é evocado

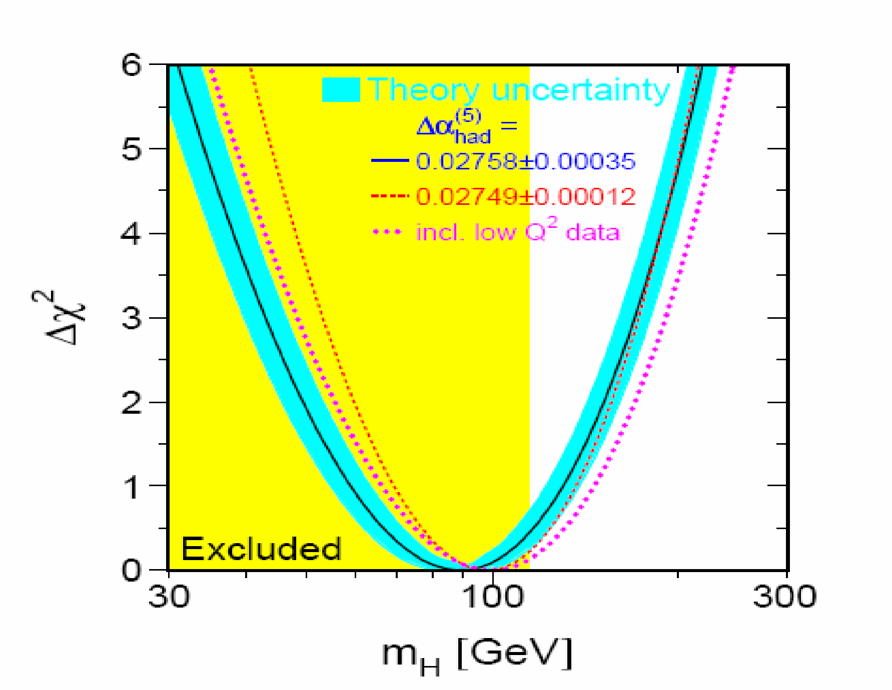


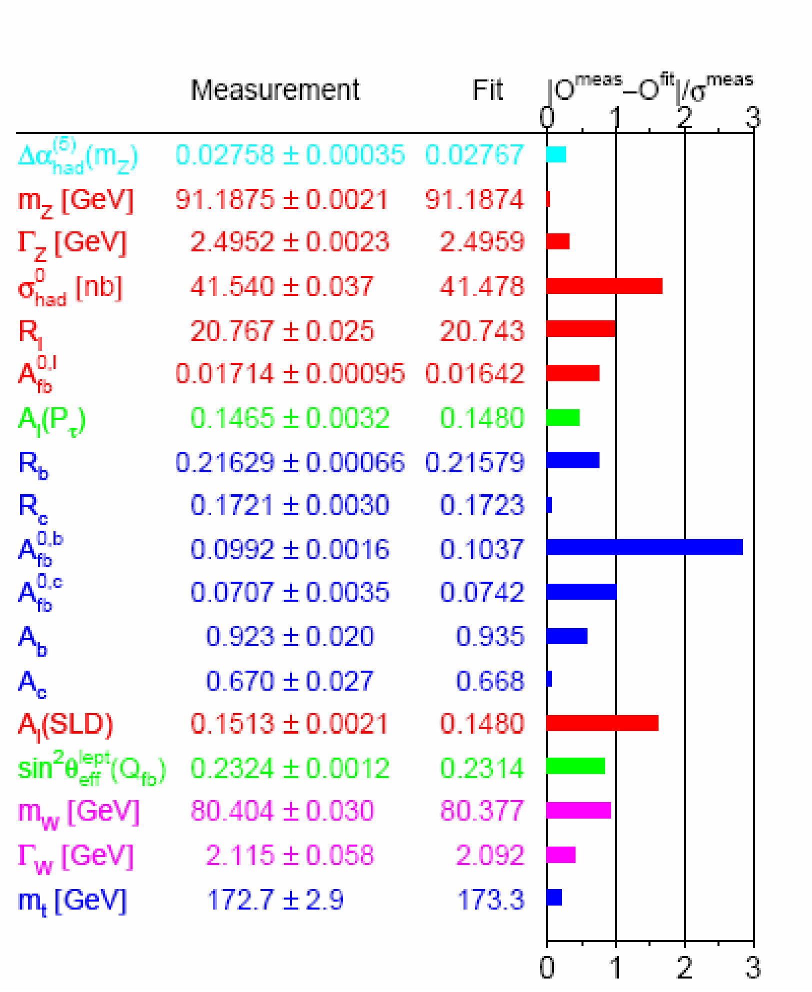
Onde nós estamos

- Tevatron Run I e o LEP
  - A teoria eletrofraca é testada como uma teoria quântica de campo a nível de um por mil
  - Sinal de um Higgs leve em fits globais?
  - Top quark descoberto com massa de 175 GeV
  - Quarks and leptons não têm estrutura na escala de TeV
- Outros
  - Oscilação de neutrinos (e massa?)
  - Fábricas de B´s mostram violação de CP em decaimentos de B^0
  - Universo plano dominado por matéria escura e energia escura
  - Neutrinos do tau

Medidas do Modelo Padrão

- Vários parâmetros e seus desvios do fit global
- Massa do Higgs a partir de correções radiativas

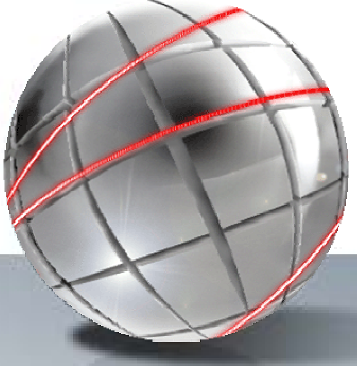




	Measurement	Fit
$\Delta\alpha^{(5)}_{had}(m_Z)$	0.02758 ± 0.00035	0.02767
m_Z [GeV]	91.1875 ± 0.0021	91.1874
Γ_Z [GeV]	2.4952 ± 0.0023	2.4959
σ^0_{had} [nb]	41.540 ± 0.037	41.478
R_l	20.767 ± 0.025	20.743
$A^{0,l}_{fb}$	0.01714 ± 0.00095	0.01642
$A_l(P_\tau)$	0.1465 ± 0.0032	0.1480
R_b	0.21629 ± 0.00066	0.21579
R_c	0.1721 ± 0.0030	0.1723
$A^{0,b}_{fb}$	0.0992 ± 0.0016	0.1037
$A^{0,c}_{fb}$	0.0707 ± 0.0035	0.0742
A_b	0.923 ± 0.020	0.935
A_c	0.670 ± 0.027	0.668
A_l(SLD)	0.1513 ± 0.0021	0.1480
$\sin^2\theta^{lept}_{eff}(Q_{fb})$	0.2324 ± 0.0012	0.2314
m_W [GeV]	80.404 ± 0.030	80.377
Γ_W [GeV]	2.115 ± 0.058	2.092
m_t [GeV]	172.7 ± 2.9	173.3

" this theory is sometimes dignified with the title `the minimal standard model´, but its is not really a model at all " Murayama e Peskin (hep-ex/9606003)

Problema da Hierarquia



- Divergências quadráticas para a massa do Higgs
  → enorme cancelamento para manter a massa na escala eletrofraca

Duas (mais estudadas) opções para resover esse problema:

- Nova simetria que proteja o setor escalar → Supersimetria
- Dimensões extras
  - Gravidade na escala de TeV? (LED)
  - Mecanismos para proteger a escala eletrofraca? (Randal-Sundrum)
  - Nova física na escala de TeV? (UED)

Dimensões Extras

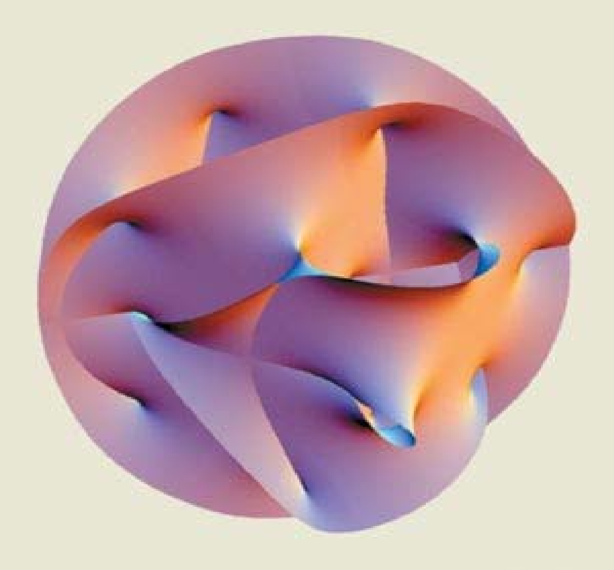
- Superstrings → 10 D
  - Observamos → 4 D
  - Compactificar → 6 D

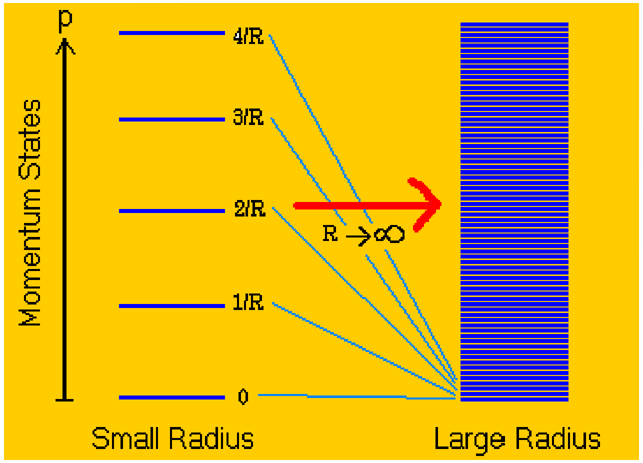
- Como detectar em aceleradores?
  - Na compactificação
→ Estados com E = n/R_c

    Para pequenos R_c
    → grande gap entre estados

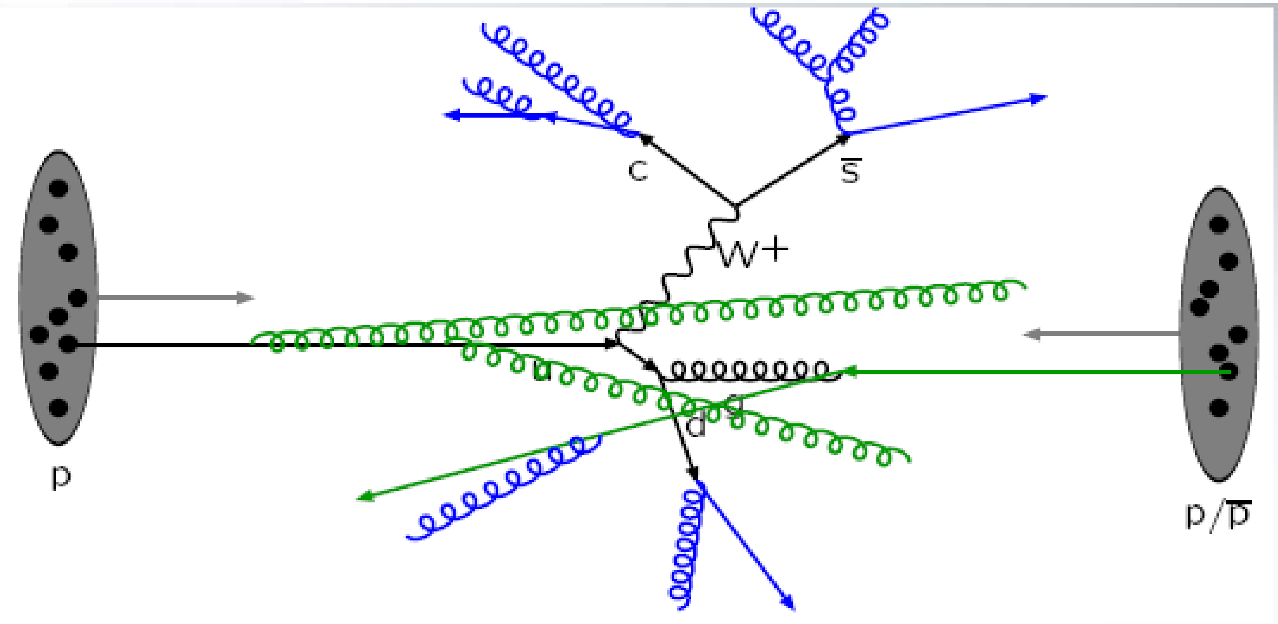
    Para grandes R_c
    → gap diminui (contínuo)

- Estes estados (torre de Kaluza-Klein) podem se manifestar no mundo não-compactificado.





Colisores de Protons



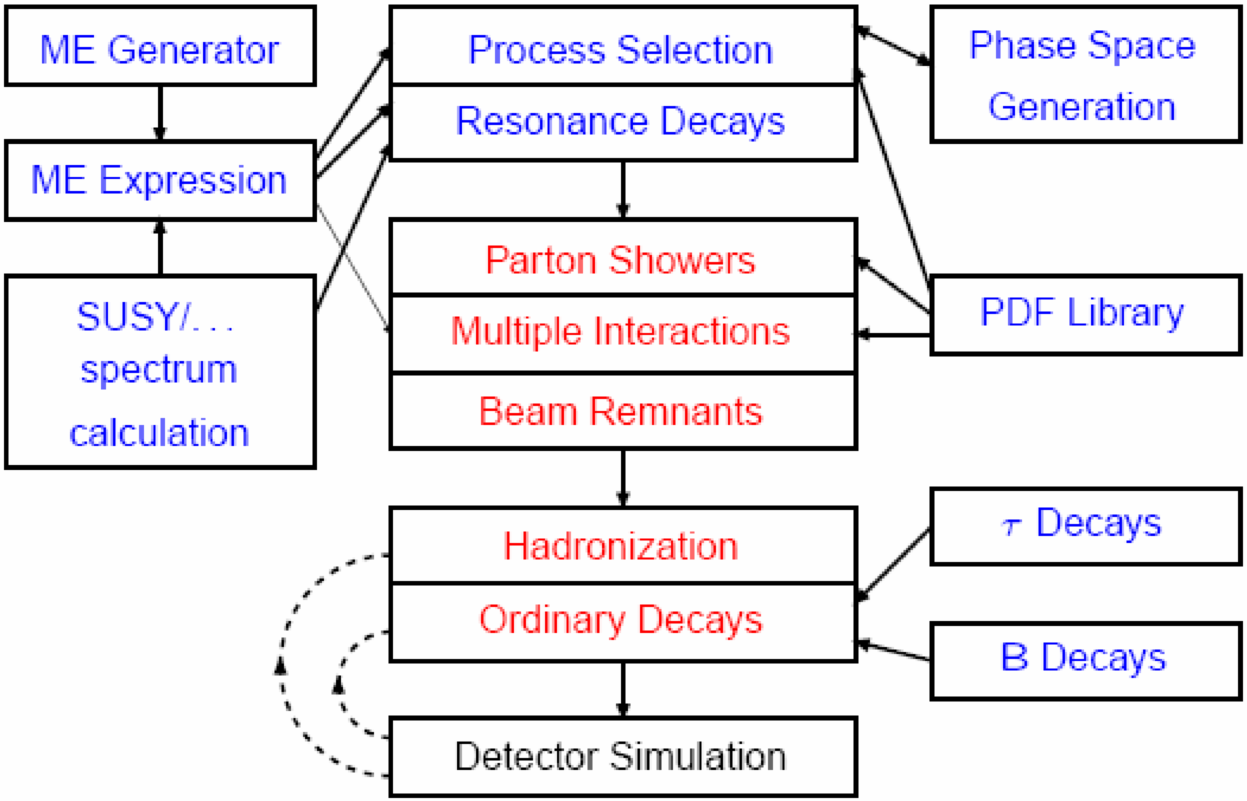
- Colisões interessantes são entre quarks e gluons
- Essa colisão é central e rara
- Processo duro calculável por QCD pertubativa
- O restante do evento (espectadores) sofrem espalhamento "soft" e tem que ser parametrizado
- Simulação por Monte Carlo

Pythia *(http://www.thep.lu.se/~torbjorn/Pythia.html)*

- Idéia básica
- Alguns parâmetros
- A listagem dos eventos
- Pythia UED: Aonde modificar?
- Correções no Pythia UED

Diretamente do Sjostrand ...

The Bigger Picture



ME Generator

ME Expression

SUSY/. . . spectrum calculation

Process Selection

Resonance Decays

Parton Showers

Multiple Interactions

Beam Remnants

Hadronization

Ordinary Decays

Detector Simulation

Phase Space Generation

PDF Library

τ Decays

B Decays

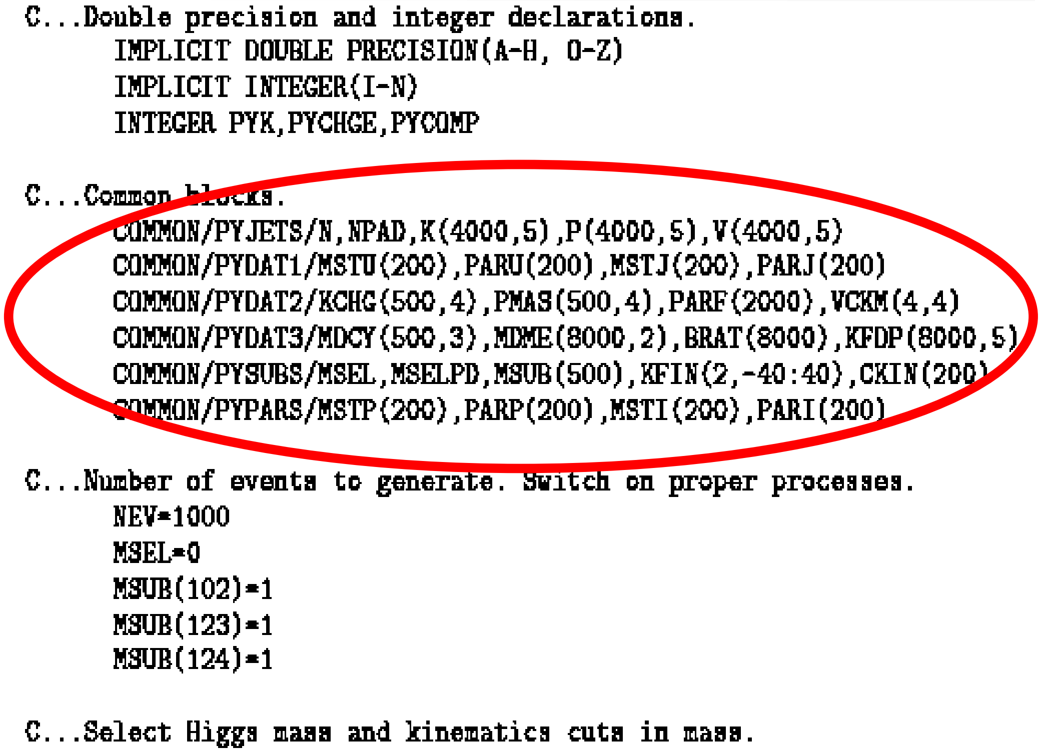
$\Longrightarrow$ need standardized interfaces (LHA, LHAPDF, SUSY LHA, . . .)

Programa Principal

- Common Blocks
- Inicializa subprocessos
  - MSEL=0
  - MSUB(14)=1
- Alguns cortes cinemáticos
  - CKIN(3)=5D0
- Seleção de PDF e outros parâmetros da simulação (showering, interações múltiplas...)
- Inicializa o gerador de eventos
  - CALL PYINIT(´CMS´,´p´,´pbar´,1960)
- Loop principal
  - CALL PYEVNT (gera o próximo evento)
  - CALL PYLIST (escrerve o evento)
  - CALL my_analysis (subrotina em que fazemos a análise do evento)
- Etapa final
  - CALL PYSTAT(1)

Exemplo

Produção do Higgs

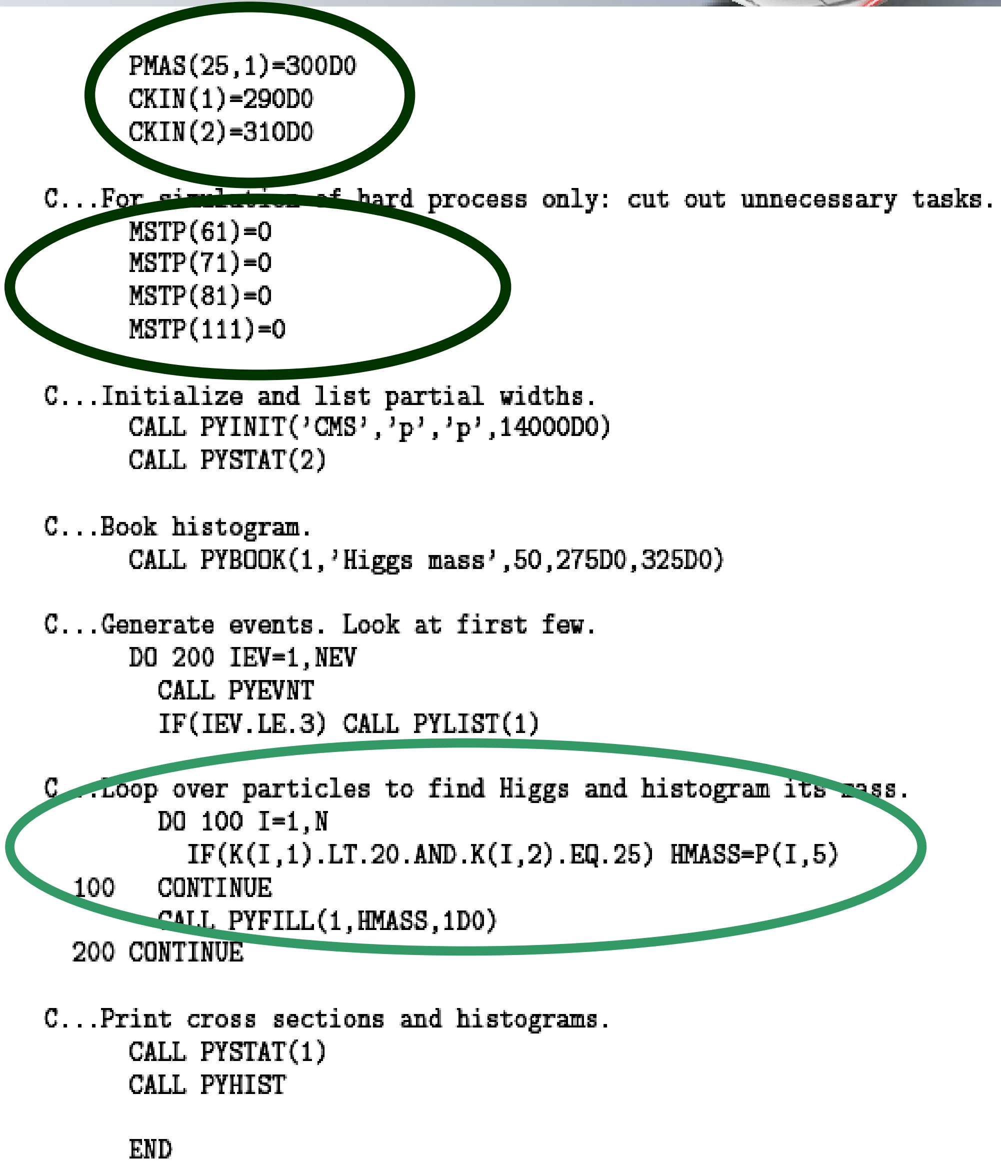


```
C...Double precision and integer declarations.
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION(A-H, O-Z)
      IMPLICIT INTEGER(I-N)
      INTEGER PYK,PYCHGE,PYCOMP

C...Common blocks.
      COMMON/PYJETS/N,NPAD,K(4000,5),P(4000,5),V(4000,5)
      COMMON/PYDAT1/MSTU(200),PARU(200),MSTJ(200),PARJ(200)
      COMMON/PYDAT2/KCHG(500,4),PMAS(500,4),PARF(2000),VCKM(4,4)
      COMMON/PYDAT3/MDCY(500,3),MDME(8000,2),BRAT(8000),KFDP(8000,5)
      COMMON/PYSUBS/MSEL,MSELPD,MSUB(500),KFIN(2,-40:40),CKIN(200)
      COMMON/PYPARS/MSTP(200),PARP(200),MSTI(200),PARI(200)

C...Number of events to generate. Switch on proper processes.
      NEV=1000
      MSEL=0
      MSUB(102)=1
      MSUB(123)=1
      MSUB(124)=1

C...Select Higgs mass and kinematics cuts in mass.
```



```
      PMAS(25,1)=300D0
      CKIN(1)=290D0
      CKIN(2)=310D0

C...For simulation of hard process only: cut out unnecessary tasks.
      MSTP(61)=0
      MSTP(71)=0
      MSTP(81)=0
      MSTP(111)=0

C...Initialize and list partial widths.
      CALL PYINIT('CMS','p','p',14000D0)
      CALL PYSTAT(2)

C...Book histogram.
      CALL PYBOOK(1,'Higgs mass',50,275D0,325D0)

C...Generate events. Look at first few.
      DO 200 IEV=1,NEV
        CALL PYEVNT
        IF(IEV.LE.3) CALL PYLIST(1)

C...Loop over particles to find Higgs and histogram its mass.
        DO 100 I=1,N
          IF(K(I,1).LT.20.AND.K(I,2).EQ.25) HMASS=P(I,5)
  100   CONTINUE
        CALL PYFILL(1,HMASS,1D0)
  200 CONTINUE

C...Print cross sections and histograms.
      CALL PYSTAT(1)
      CALL PYHIST

      END
```

A Listagem do Evento

KF = K(I,2) = código da partícula

KS=K(I,1) = código do status da partícula no evento

Orig = K(I,3) = origem da partícula no evento

```
                         Event listing (summary)

    I particle/jet KS     KF  orig    p_x      p_y      p_z       E        m

    1 !p+!         21    2212    0    0.000    0.000  980.000  980.000    0.938
    2 !pbar-!      21   -2212    0    0.000    0.000 -980.000  980.000    0.938
 ==============================================================================
    3 !d!          21       1    1   -0.995    0.098  386.983  386.984    0.000
    4 !dbar!       21      -1    2    0.196    1.460 -560.786  560.788    0.000
    5 !d!          21       1    3   -3.165    1.149  310.301  310.319    0.000
    6 !dbar!       21      -1    4    0.195    1.458 -560.086  560.088    0.000
    7 !Dd!         21     377    0  -15.223 -209.186  -36.841  409.351  349.601
    8 !Dd_bar!     21    -377    0   12.254  211.794 -212.943  461.056  349.601
    9 !W-KK!       21    -395    7  -32.118 -210.003  -42.159  391.618  326.274
   10 !u!          21       2    7   16.895    0.817    5.317   17.733    0.330
   11 !ZKK!        21     394    8   -3.989  215.509 -207.224  443.436  327.465
   12 !dbar!       21      -1    8   16.243   -3.715   -5.719   17.620    0.330
   13 !Dnut_bar!   21    -390    9  -22.087 -177.481  -35.594  357.585  307.592
   14 !tau-!       21      15    9   -8.858  -31.529   -6.052   33.351    1.777
   15 !Dnue_bar!   21    -386   11  -12.719  215.056 -183.128  417.804  307.592
   16 !nu_e!       21      12   11    8.730    0.453  -24.096   25.633    0.000
   17 (GAMMA_KK)   11     393   13  -25.088 -173.470  -29.945  350.035  301.507
   18 !nu_taubar!  21     -16   13    3.001   -4.011   -5.649    7.550    0.000
   19 (GAMMA_KK)   11     393   15   -9.097  213.368 -175.175  408.903  301.507
   20 !nu_ebar!    21     -12   15   -3.621    1.688   -7.953    8.901    0.000
 ==============================================================================
```

O Código de Partículas

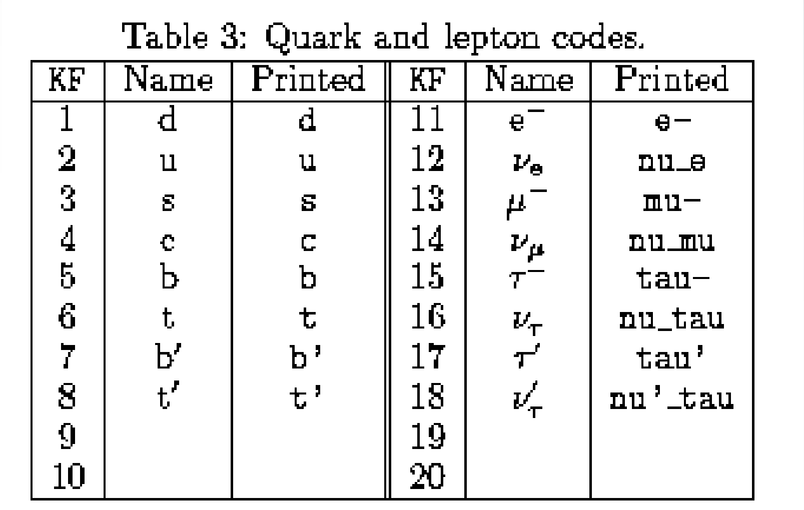


Table 3: Quark and lepton codes.

KF	Name	Printed	KF	Name	Printed
1	d	d	11	e^-	e-
2	u	u	12	ν_e	nu_e
3	s	s	13	μ^-	mu-
4	c	c	14	ν_μ	nu_mu
5	b	b	15	τ^-	tau-
6	t	t	16	ν_τ	nu_tau
7	b'	b'	17	τ'	tau'
8	t'	t'	18	ν'_τ	nu'_tau
9			19		
10			20		

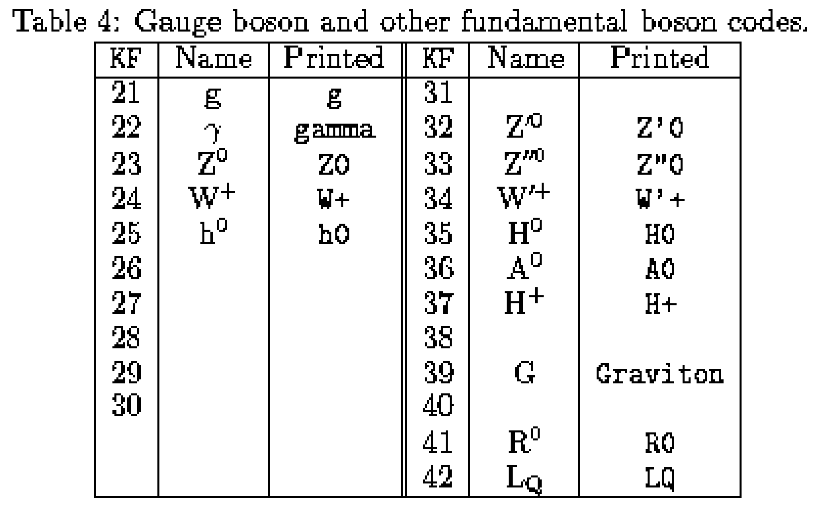


Table 4: Gauge boson and other fundamental boson codes.

KF	Name	Printed	KF	Name	Printed
21	g	g	31		
22	γ	gamma	32	Z'^0	Z'0
23	Z^0	Z0	33	Z''^0	Z"0
24	W^+	W+	34	W'^+	W'+
25	h^0	h0	35	H^0	H0
26			36	A^0	A0
27			37	H^+	H+
28			38		
29			39	G	Graviton
30			40		
			41	R^0	R0
			42	L_Q	LQ

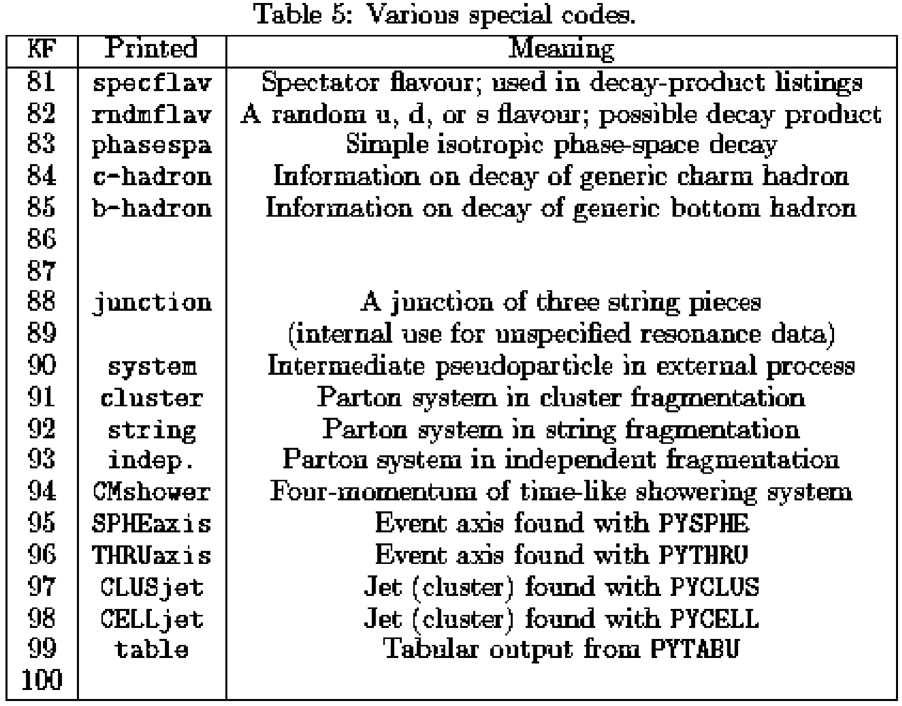


Table 5: Various special codes.

KF	Printed	Meaning
81	specflav	Spectator flavour; used in decay-product listings
82	rndmflav	A random u, d, or s flavour; possible decay product
83	phasespa	Simple isotropic phase-space decay
84	c-hadron	Information on decay of generic charm hadron
85	b-hadron	Information on decay of generic bottom hadron
86		
87		
88	junction	A junction of three string pieces
89		(internal use for unspecified resonance data)
90	system	Intermediate pseudoparticle in external process
91	cluster	Parton system in cluster fragmentation
92	string	Parton system in string fragmentation
93	indep.	Parton system in independent fragmentation
94	CMshower	Four-momentum of time-like showering system
95	SPHEaxis	Event axis found with PYSPHE
96	THRUaxis	Event axis found with PYTHRU
97	CLUSjet	Jet (cluster) found with PYCLUS
98	CELLjet	Jet (cluster) found with PYCELL
99	table	Tabular output from PYTABU
100		

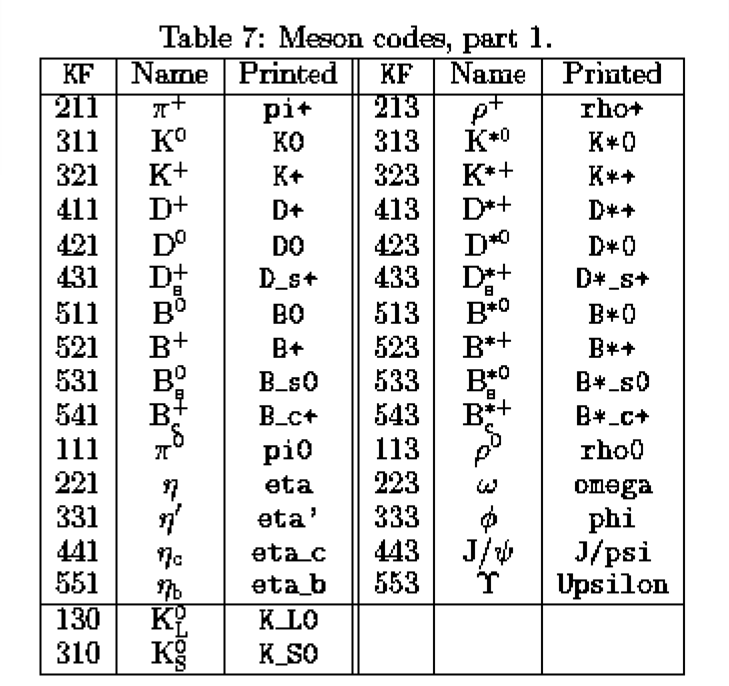


Table 7: Meson codes, part 1.

KF	Name	Printed	KF	Name	Printed
211	π^+	pi+	213	ρ^+	rho+
311	K^0	K0	313	K^{*0}	K*0
321	K^+	K+	323	K^{*+}	K*+
411	D^+	D+	413	D^{*+}	D*+
421	D^0	D0	423	D^{*0}	D*0
431	D_s^+	D_s+	433	D_s^{*+}	D*_s+
511	B^0	B0	513	B^{*0}	B*0
521	B^+	B+	523	B^{*+}	B*+
531	B_s^0	B_s0	533	B_s^{*0}	B*_s0
541	B_c^+	B_c+	543	B_c^{*+}	B*_c+
111	π^0	pi0	113	ρ^0	rho0
221	η	eta	223	ω	omega
331	η'	eta'	333	ϕ	phi
441	η_c	eta_c	443	J/ψ	J/psi
551	η_b	eta_b	553	Υ	Upsilon
130	K_L^0	K_L0			
310	K_S^0	K_S0			

O programa de análise

Common blocks

Exemplo de como tratar os eventos

```
      SUBROUTINE MY_ANALYSE(IS)
C
C
C
C...The event record. PYTHIA61/62
      DOUBLE PRECISION P,V,XSEC,PYP,PYETA
      INTEGER N,NPAD,K,NGENPD,NGEN,njet
      COMMON/PYJETS/N,NPAD,K(4000,5),P(4000,5),V(4000,5)
      REAL*8 PMAS,PARF,VCKM
      COMMON/PYDAT2/KCHG(500,4),PMAS(500,4),PARF(2000),VCKM(4,4)
C UED COMMON
      INTEGER NDIM
      REAL*8 RINV,XLAMBDA,XMH,GRINV
      COMMON/UED/RINV,XLAMBDA,XMH,GRINV,NDIM
************************************************************************
c Leptons common
      integer nlep(30),nleps(30),ijkmax,ijk,nqb,ntau,nmu,nel
      common/leptonespm/nlep,nleps,ijkmax,ijk,nqb,ntau,nmu,nel
************************************************************************

         miss_etx=0.
         miss_ety=0.
         DO IP=1,N
C true    ENERGY MISSING
C
            IF(K(IP,2).EQ.393) k(ip,1)=11
            if(k(ip,1).lt.10) then
             IF(K(IP,2).EQ.393.OR.iabs(K(IP,2)).EQ.12.OR.
     +         iabs(K(IP,2)).EQ.14.OR.iabs(K(IP,2)).EQ.16)THEN
               miss_etx=miss_etx+P(IP,1)
               miss_ety=miss_ety+P(IP,2)
             ENDIF
            endif
         ENDDO
         miss_et = dsqrt(miss_etx**2+miss_ety**2)
         CALL HFILL(104,REAL(miss_et),0.,1.)
```

Achando os objetos físicos

Fazendo o smearing

```
       do i=1,n
        if(k(i,1).lt.10) then
          if(iabs(k(i,2)).eq.11.or.iabs(k(i,2)).eq.13.or.
    $        iabs(k(i,2)).eq.15.or.iabs(k(i,2)).eq.22)then
             call smear(i,0.15d0,0.d0)
          else
             call smear(i,0.70d0,0.d0)
          endif
        endif
       enddo
       call missing_et
       CALL HFILL(105,REAL(etmiss),0.,1.)
```

Acha leptons isolados →

```
       call isolep
```

Acha jatos →

```
       call pycell(njet) ! the table from 1 to n, remain the same
```

Escreve os eventos com 2 leptons

```
c       write events
       if(ijk.ge.2) then
         cuts(1)=cuts(1)+1
         write(90,*) ijk
         do i=1,ijk
            write(90,*) pyp(nlep(i),1),pyp(nlep(i),2),pyp(nlep(i),3),
    %       pyp(nlep(i),4), k(nlep(i),2)
         enddo
         write(90,*) njet
         do i=1,njet
            write(90,*) p(n+i,1),p(n+i,2),p(n+i,3),p(n+i,4)
         enddo
         write(90,*)  etx,ety
       endif
```

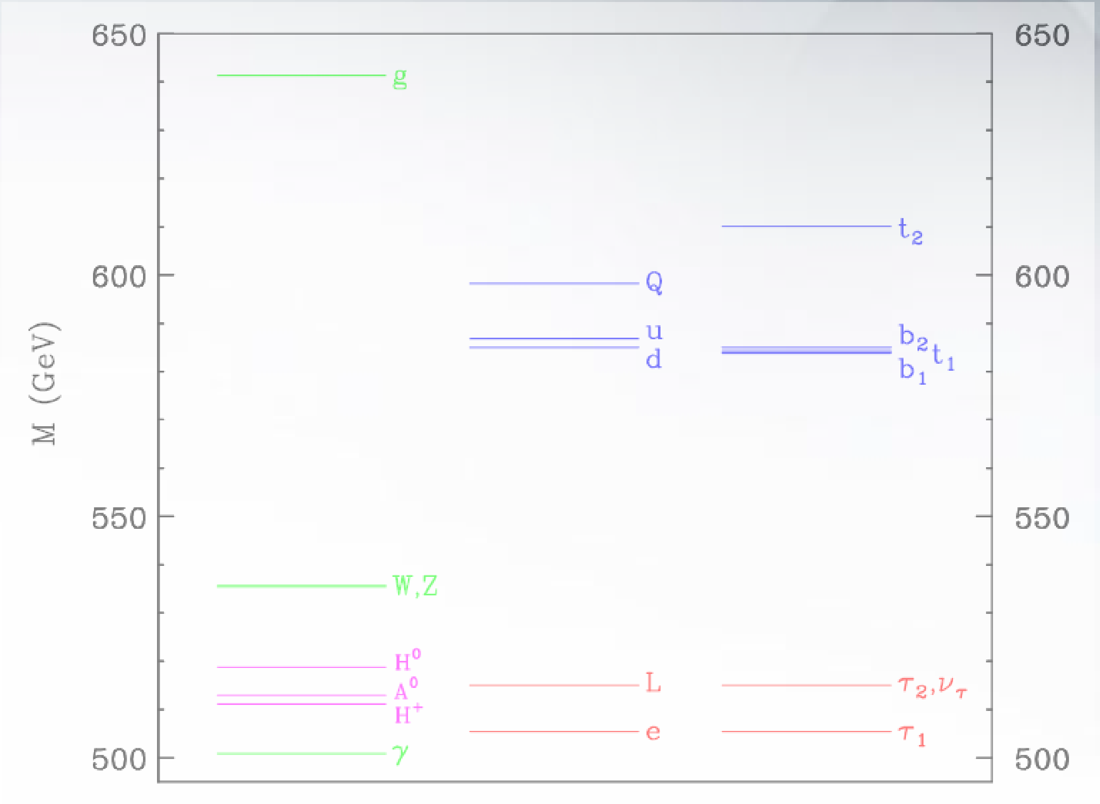
Modelos de UED

- Dimensões extras podem ser exploradas em aceleradores na escala de TeV. A existência de efeitos nessa escala seria uma alternativa para o problema da hierarquia. Dimensões universais é uma classe de modelos que recentemente começou a ser estudada.
- Todos os campos do modelo padrão podem se propagar nas dimenões extras, com $R_c = 1/M_c \sim 1\ \mathrm{TeV}^{-1}$
- O modelo contém vector-like quarks e leptons
- Todas as partículas adquirem modos Kaluza-Klein (KK) com massas $M_n^2 = M_0^2 + n^2/R_c^2$, n = 0, 1, 2, …
- Se paridade KK parity for conservada em nível de árvore, os estados KK-excitados são produzidos em pares, semelhantes a partículas supersimétricas.
- Os limites atuais são dominados por medidas de precisão ($M_c = 1/R_c \sim 300$ GeV)

O modelo mínimo

- No cenário mais simples todos os campos do modelo padrão se propagam em uma única dimensão extra
- Esperaríamos estados degenerados com massas por volta de $1/R_C$, $2/R_C$, ….
- No entanto correções radiativas são grandes e o espectro de massa dos estados excitados é similar ao espectro de SUSY! (Cheng, Feng, Matchev, Schmaltz)
- A produção em pares do primeiro nível dos estados KK pode ser alcançada no Tevatron

[Cheng, Matchev, Schmaltz, PRD **66**, 056006 (2002)]

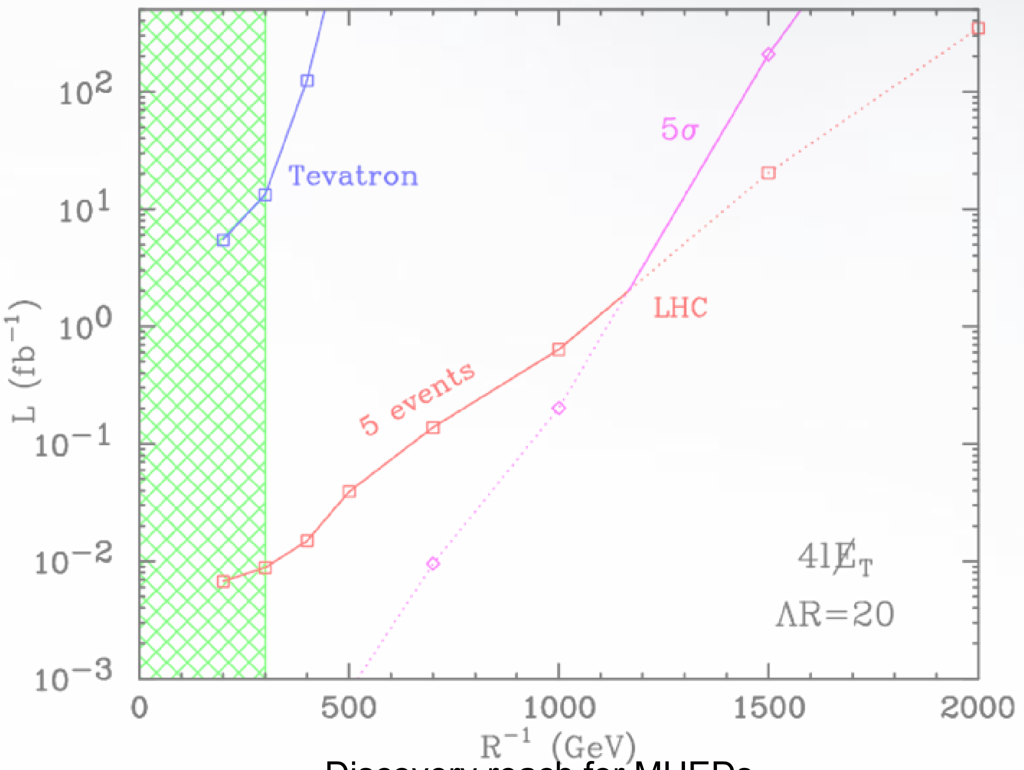


Espectro de massa em nível de um loop dos estados KK: Q, L (q, l) são dubletos (singletos) de SU(2) e contém ambas as chiralidades

Sinais noTevatron

- Produção de Q_1Q_1
  $Q_1Q_1 \rightarrow W_1W_1$, W_1Z_1, Z_1Z_1 + jets $\rightarrow$ 2-4 leptons + ME_T
- Só gold-plated 4-leptons + ME_T foi considerado no artigo original
- Sensitividade no RunII b pode exceder os limites atuais
- Canais mais promissores:
  - dileptons + jets + ME_T + X
  - trileptons + jets + ME_T + X

[Cheng, Matchev, Schmaltz, PRD **66**, 056006 (2002)]



Discovery reach for MUEDs

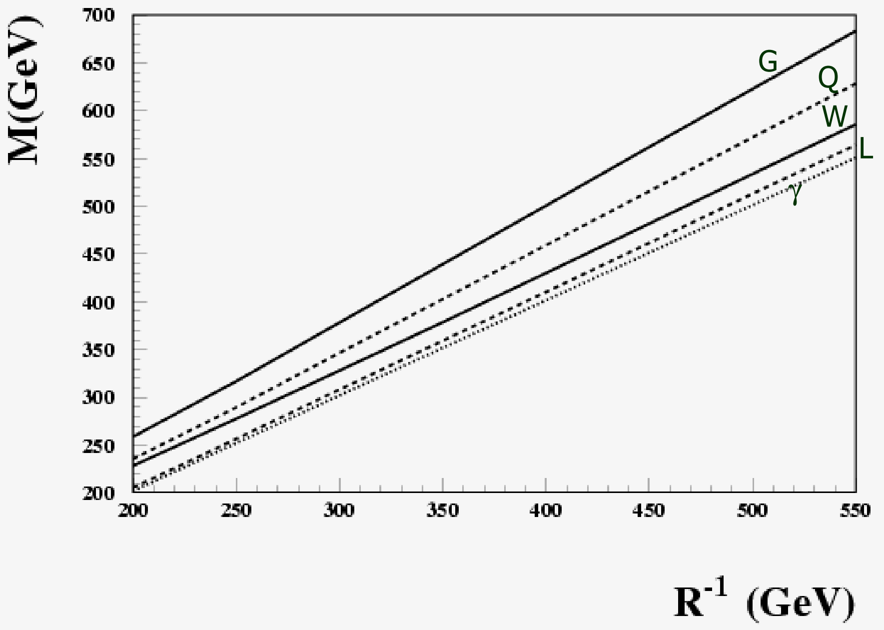
Pythia UED *(http://wwwlapp.in2p3.fr/~przys/PythiaUED.html)*

- Seções de choque do modelo
  - pyuxed.f
  - pysigh.f
- Parâmetros do modelo (massas, BR, larguras)
  - pydata.f
  - pywidt.f
  - ued_ini.f
- Acrescentar as partículas e cadeias de decaimento em pydata.f

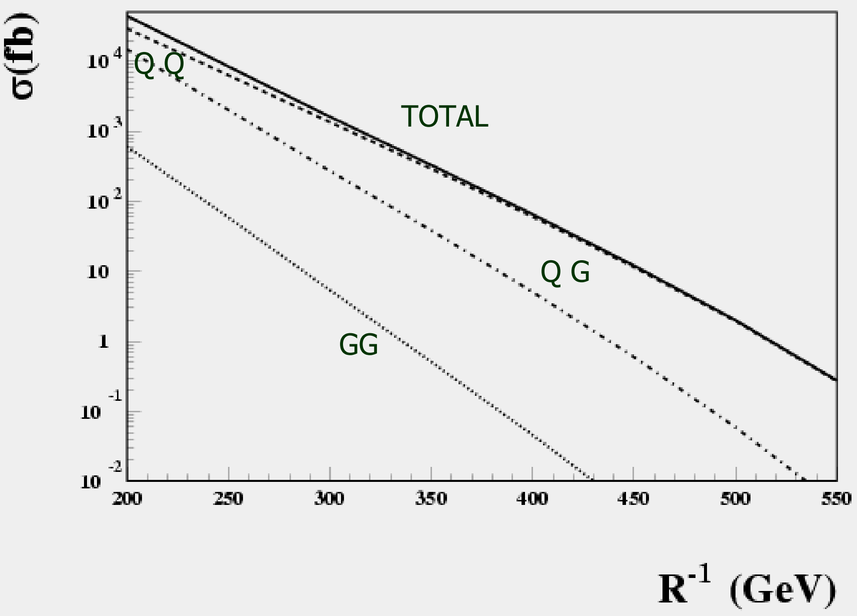
- Em nosso caso corrigimos o decaimento do Z_{kk} em pydata.f
  - MDCY(395,2) – de 5074 para 5083 (posição do W_{kk} na tabela de decaimento)
  - MDCY(394,3) – de 9 para 18 (incluimos todos os modos de decaimento)
  - MDME(I,1) – ativar os canais correspondentes
  - BRAT(I) –colocar os novos br nas posições correspondentes
  - KFPD(I,1) – todas as anti-partículas dos modos KK
  - KFPD(I,2) – todos os léptons

Resultados

Massas e seção de choque total



First excited states masses as a function of scale R



Pair production of Q_1Q_1 cross section for several initial states as a function of scale R

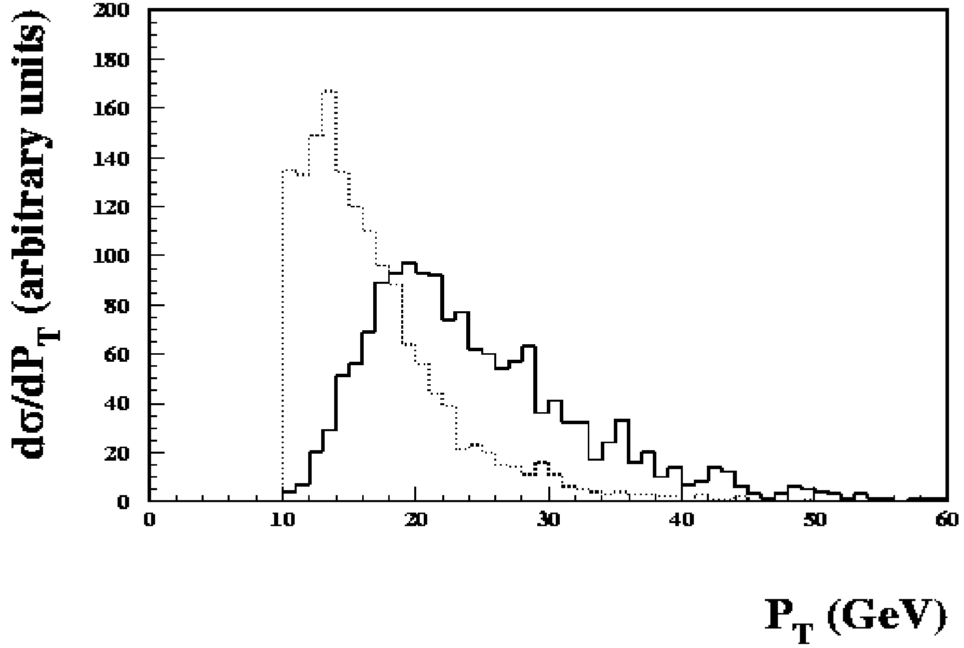
Parâmetros da simulação

- Simulação do detector:
  - Resolução da energia:
    - Energia hadrônica: $\sigma/E=70\% / \sqrt{E}$
    - Energia EM: $\sigma/E=15\% / \sqrt{E}$
  - Jatos:
    - Pycell do Pythia
    - ΔR cone de 0.7
    - $E_t > 15$ GeV
    - 2 GeV para a mínima energia do cluster
    - Exclui leptons isolados
  - Leptons:
    - $E_t > 10$ GeV
    - $E_t < 2$ GeV em um cone de $\Delta R = 0.4$ (exclui leptons)
- ISR e FSR on, Fragmentação on, PDF=CTEQ5L

Número esperado de léptons (para R^{-1} = 200 GeV)

- Número de léptons isolados (μ ou e)
- Critério de isolamento: P_t<2 GeV in 0.4 cone

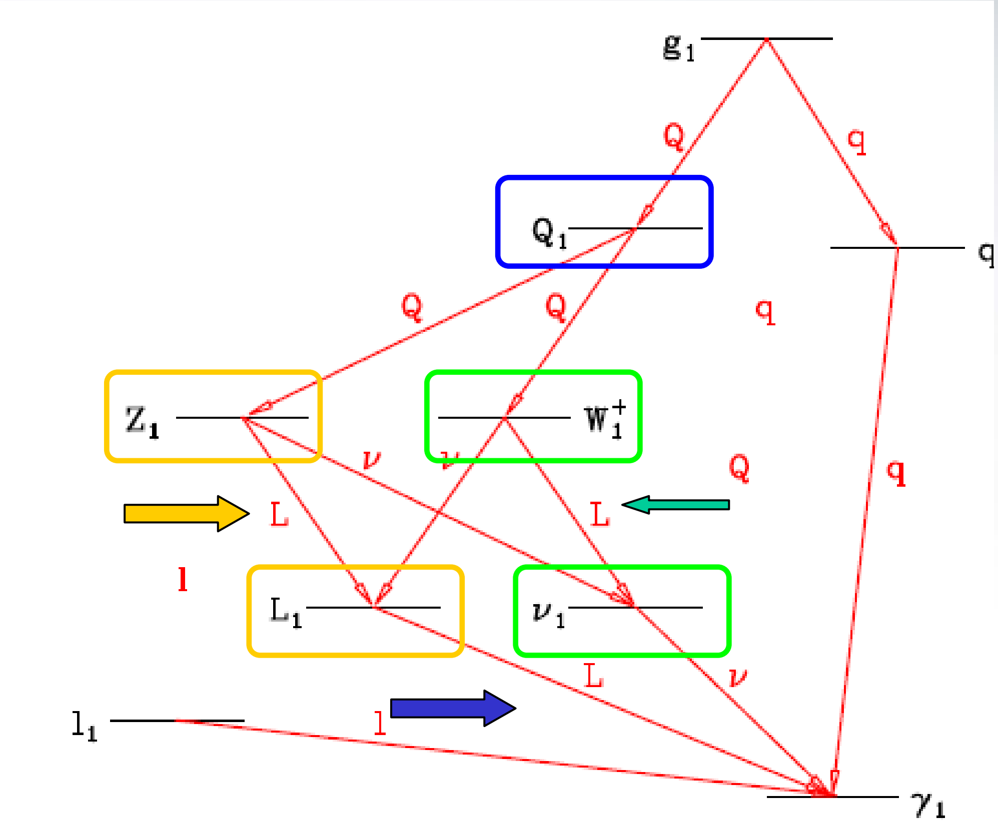
Nl	Nevents (Pt > 10 GeV)	Nevents (Pt > 5 GeV)
0	76.357	70.704
1	20.594	23.302
2	3.045	5.620
3	0.032	0.352
4	0	0.022
2ss	1.118	-



- Distribuição em P_t do lepton

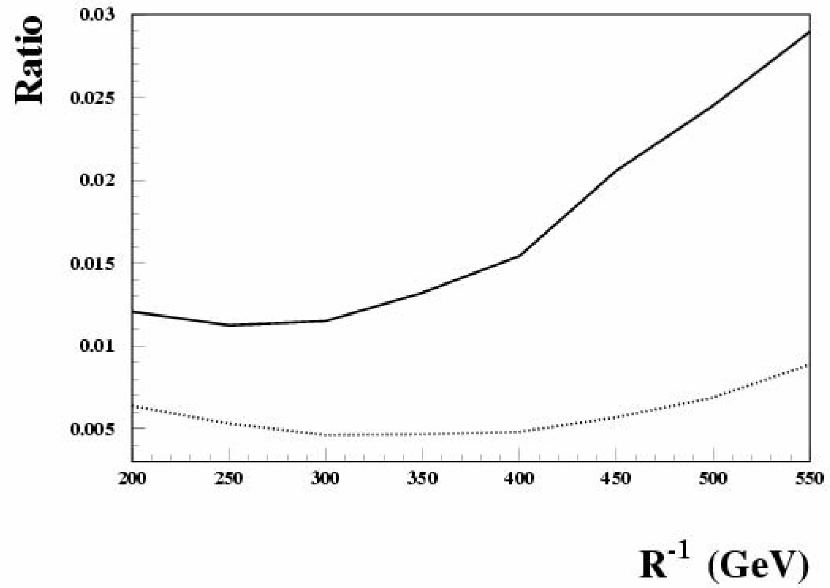
Sinal

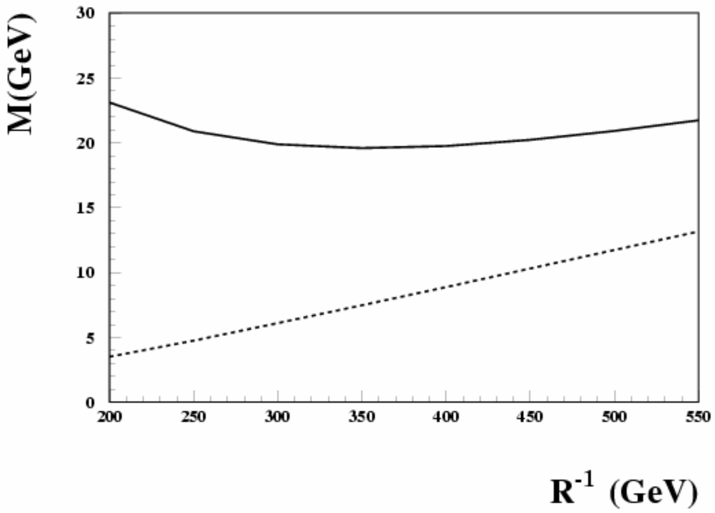
Os leptons são produzidos no decaimento dos Z1, L1 and W1



Sinal Para Dois SS Leptons

- Eficiência para 2 ss leptons





- Diferença de massa para Z_1- L_1 e L_1- γ_1

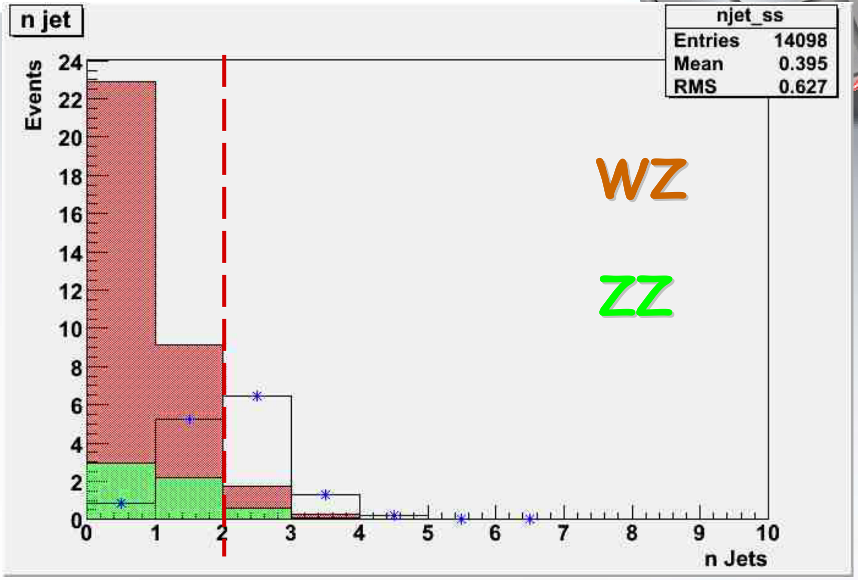
Seção de choque para o sinal e o bg

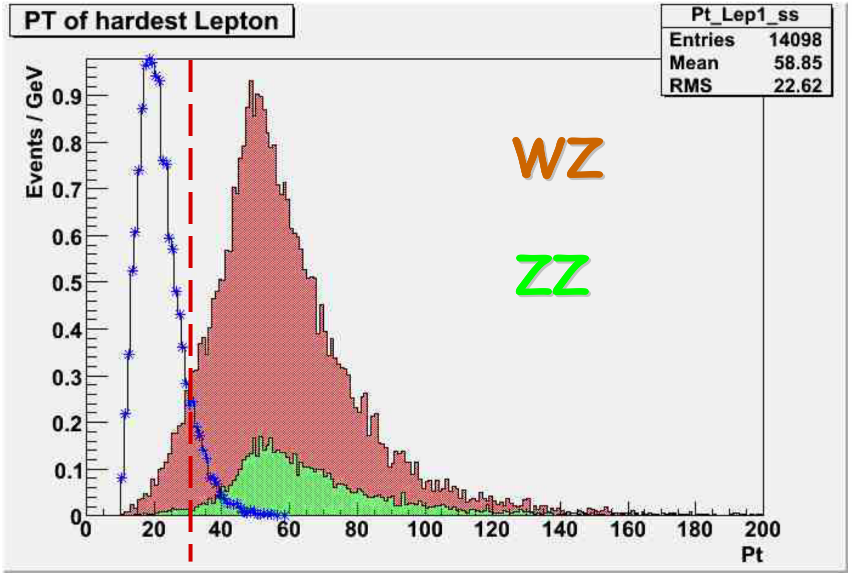
- Isolamento: $P_T < 2$ GeV em um cone de 0.4
- Seção de choque em cada canal (fb)
- Cortes em
  - Missing Et
  - Njets
  - Pt jet
  - Etot
  - Massa invariante dos léptons
  - Pt lep

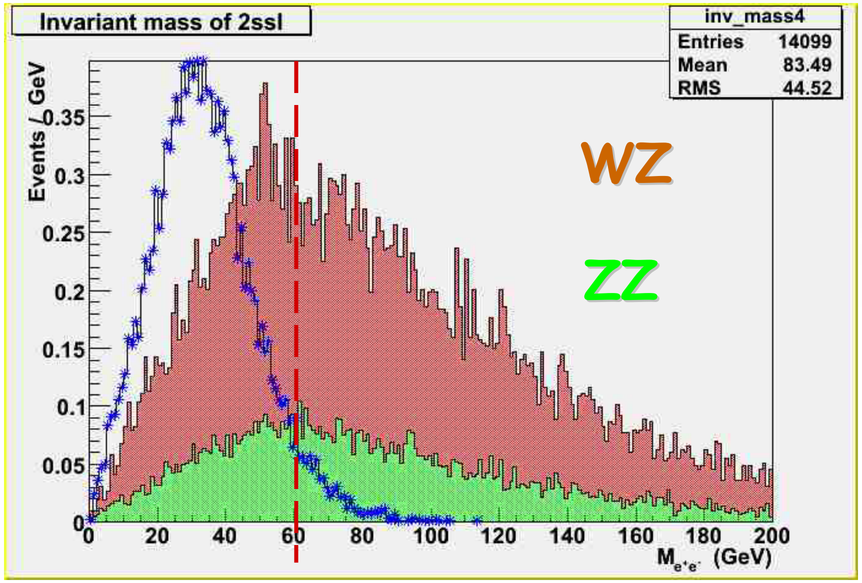
Nl	**ZZ**	**WZ**	**UED (200)**	**UED (300)**
0	846	1775	22367	953
1	48	504	6033	242
2	94	108	892	40
3	2	28	9	0.93
4	3	0	0	0.03
2ss	**6**	**34**	**345**	**14**

Distribuições e cortes

- Dois ou mais jatos
- $P_T^{lepton} < 30$ GeV
- $M_{inv}(l^+ l^-) < 60$ GeV





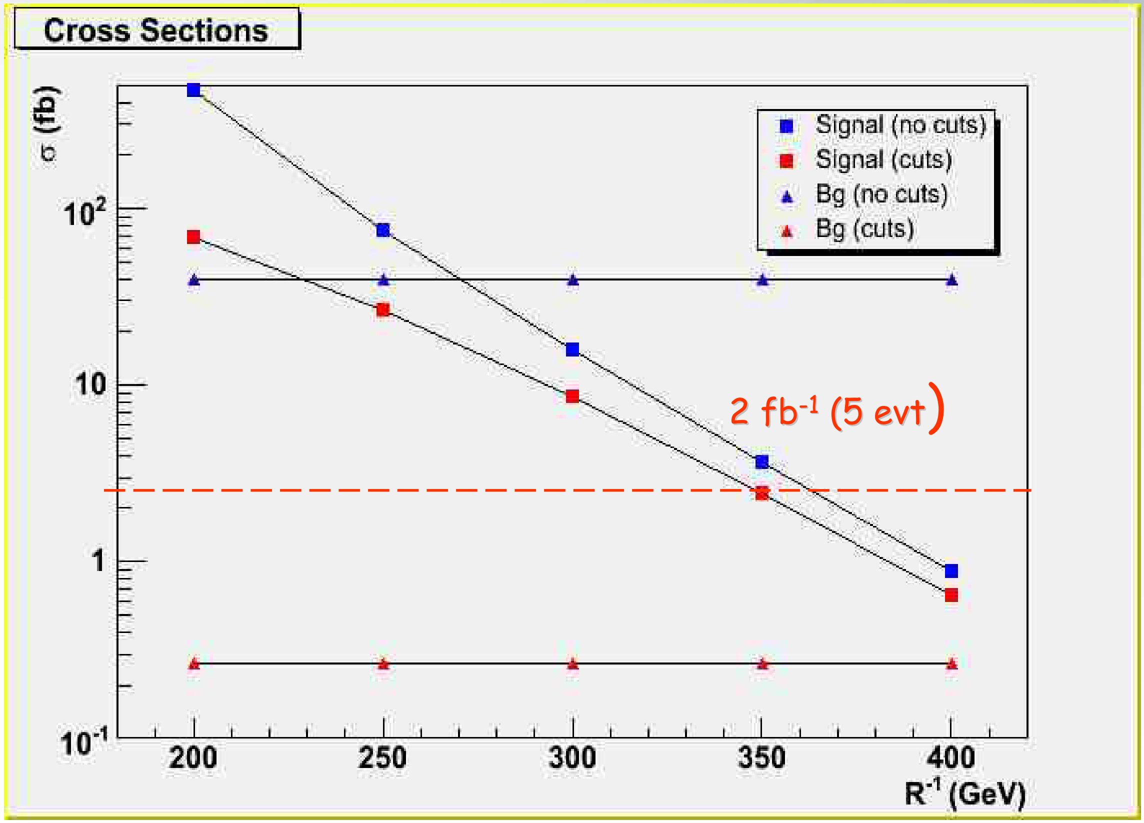


Resultados

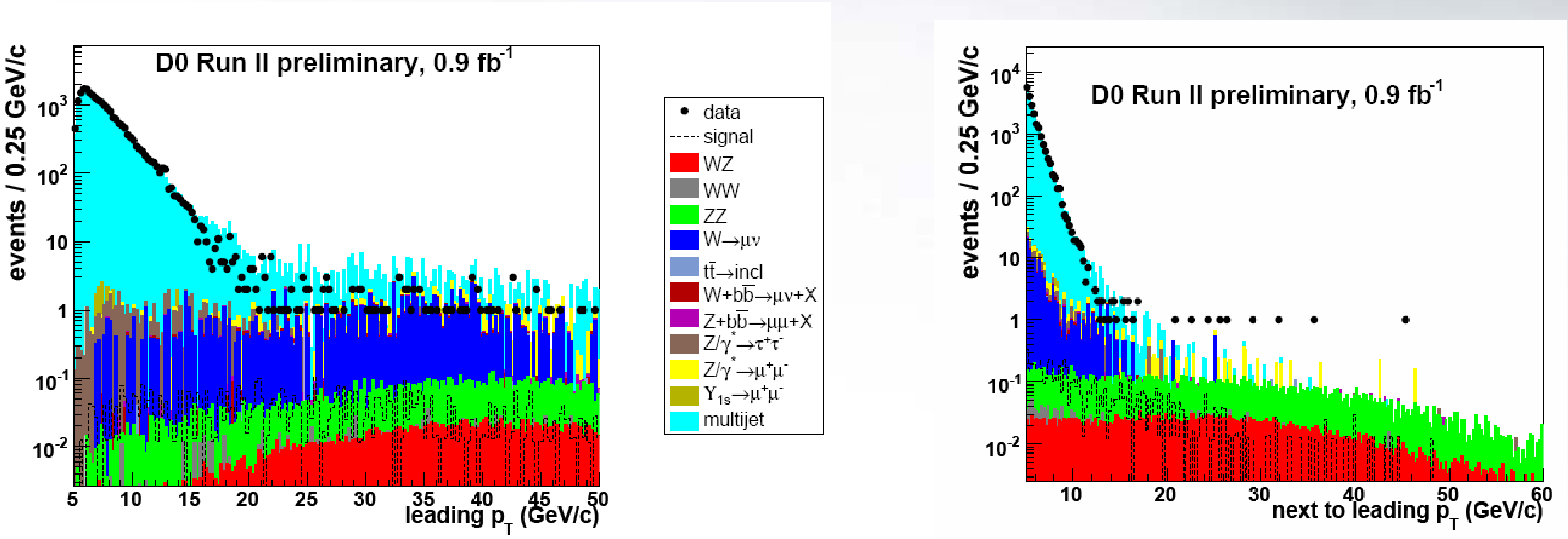
Seção de choque para 2 leptons de mesmo sinal.

Cortes foram otimizados para
R^{-1} = 300 GeV.

Depois dos cortes o bg é desprezível. O alcance é limitado pelo sinal.



Outros bg (instrumentais)



2 same sign muons

D0 Note 5126-CONF v7

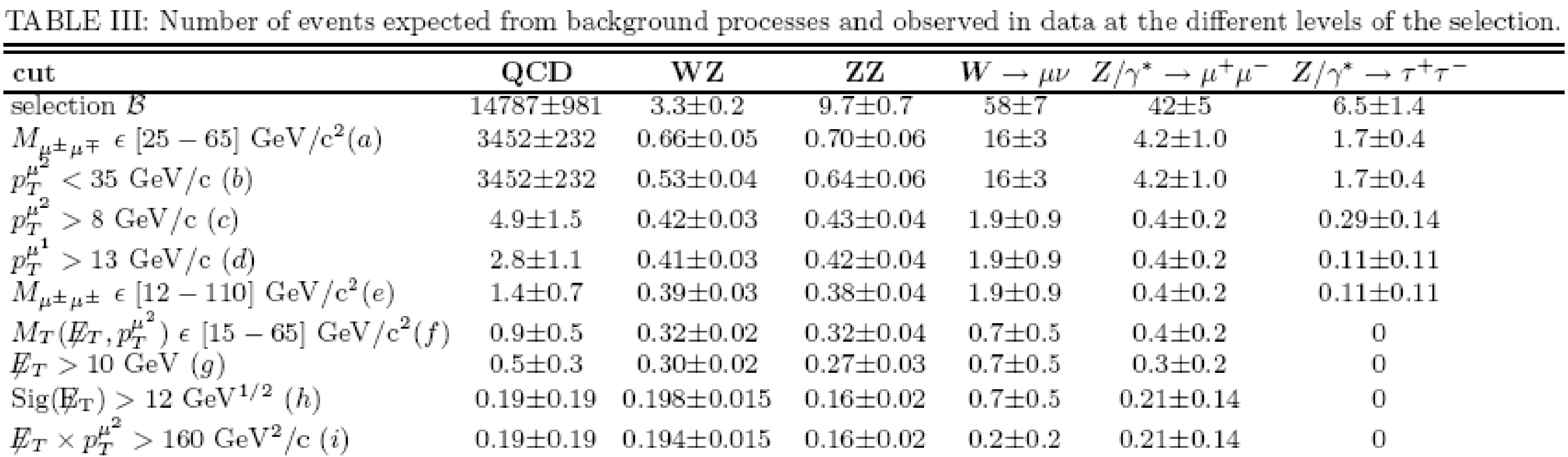
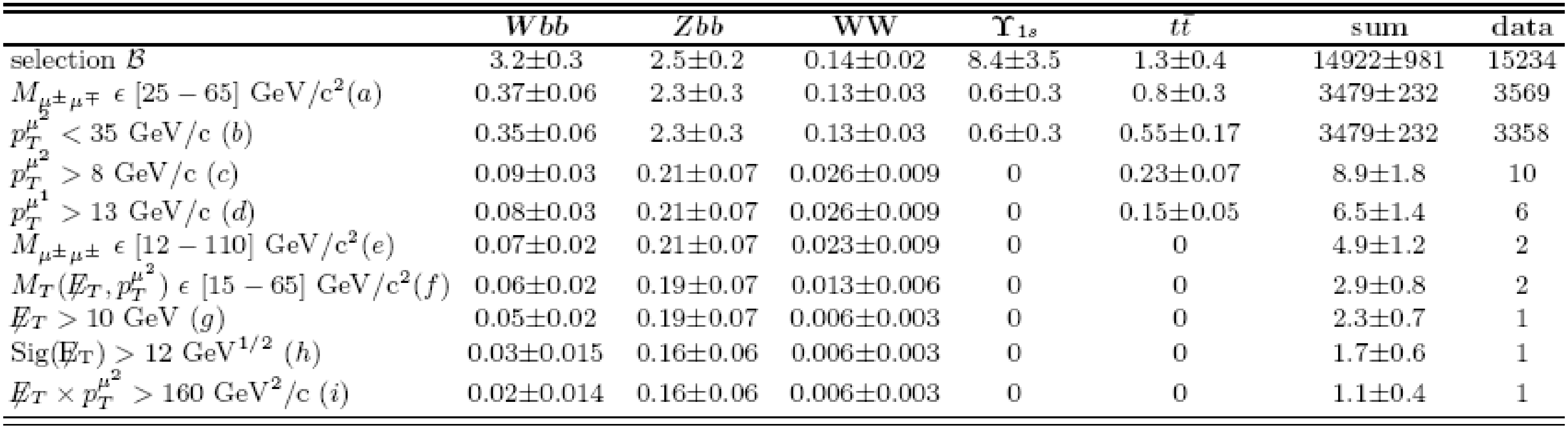


TABLE III: Number of events expected from background processes and observed in data at the different levels of the selection.

cut	QCD	WZ	ZZ	$W \to \mu\nu$	$Z/\gamma^* \to \mu^+\mu^-$	$Z/\gamma^* \to \tau^+\tau^-$
selection $\mathcal{B}$	14787±981	3.3±0.2	9.7±0.7	58±7	42±5	6.5±1.4
$M_{\mu^\pm\mu^\mp} \in [25-65]\ \mathrm{GeV/c^2} (a)$	3452±232	0.66±0.05	0.70±0.06	16±3	4.2±1.0	1.7±0.4
$p_T^{\mu^2} < 35\ \mathrm{GeV/c}\ (b)$	3452±232	0.53±0.04	0.64±0.06	16±3	4.2±1.0	1.7±0.4
$p_T^{\mu^2} > 8\ \mathrm{GeV/c}\ (c)$	4.9±1.5	0.42±0.03	0.43±0.04	1.9±0.9	0.4±0.2	0.29±0.14
$p_T^{\mu^1} > 13\ \mathrm{GeV/c}\ (d)$	2.8±1.1	0.41±0.03	0.42±0.04	1.9±0.9	0.4±0.2	0.11±0.11
$M_{\mu^\pm\mu^\pm} \in [12-110]\ \mathrm{GeV/c^2} (e)$	1.4±0.7	0.39±0.03	0.38±0.04	1.9±0.9	0.4±0.2	0.11±0.11
$M_T(\not\!\!E_T, p_T^{\mu^2}) \in [15-65]\ \mathrm{GeV/c^2} (f)$	0.9±0.5	0.32±0.02	0.32±0.04	0.7±0.5	0.4±0.2	0
$\not\!\!E_T > 10\ \mathrm{GeV}\ (g)$	0.5±0.3	0.30±0.02	0.27±0.03	0.7±0.5	0.3±0.2	0
$\mathrm{Sig}(\not\!\!E_T) > 12\ \mathrm{GeV}^{1/2}\ (h)$	0.19±0.19	0.198±0.015	0.16±0.02	0.7±0.5	0.21±0.14	0
$\not\!\!E_T \times p_T^{\mu^2} > 160\ \mathrm{GeV^2/c}\ (i)$	0.19±0.19	0.194±0.015	0.16±0.02	0.2±0.2	0.21±0.14	0



	Wbb	Zbb	WW	Υ_{1s}	$t\bar{t}$	sum	data
selection $\mathcal{B}$	3.2±0.3	2.5±0.2	0.14±0.02	8.4±3.5	1.3±0.4	14922±981	15234
$M_{\mu^\pm\mu^\mp} \in [25-65]\ \mathrm{GeV/c^2} (a)$	0.37±0.06	2.3±0.3	0.13±0.03	0.6±0.3	0.8±0.3	3479±232	3569
$p_T^{\mu^2} < 35\ \mathrm{GeV/c}\ (b)$	0.35±0.06	2.3±0.3	0.13±0.03	0.6±0.3	0.55±0.17	3479±232	3358
$p_T^{\mu^2} > 8\ \mathrm{GeV/c}\ (c)$	0.09±0.03	0.21±0.07	0.026±0.009	0	0.23±0.07	8.9±1.8	10
$p_T^{\mu^1} > 13\ \mathrm{GeV/c}\ (d)$	0.08±0.03	0.21±0.07	0.026±0.009	0	0.15±0.05	6.5±1.4	6
$M_{\mu^\pm\mu^\pm} \in [12-110]\ \mathrm{GeV/c^2} (e)$	0.07±0.02	0.21±0.07	0.023±0.009	0	0	4.9±1.2	2
$M_T(\not\!\!E_T, p_T^{\mu^2}) \in [15-65]\ \mathrm{GeV/c^2} (f)$	0.06±0.02	0.19±0.07	0.013±0.006	0	0	2.9±0.8	2
$\not\!\!E_T > 10\ \mathrm{GeV}\ (g)$	0.05±0.02	0.19±0.07	0.006±0.003	0	0	2.3±0.7	1
$\mathrm{Sig}(\not\!\!E_T) > 12\ \mathrm{GeV}^{1/2}\ (h)$	0.03±0.015	0.16±0.06	0.006±0.003	0	0	1.7±0.6	1
$\not\!\!E_T \times p_T^{\mu^2} > 160\ \mathrm{GeV^2/c}\ (i)$	0.02±0.014	0.16±0.06	0.006±0.003	0	0	1.1±0.4	1

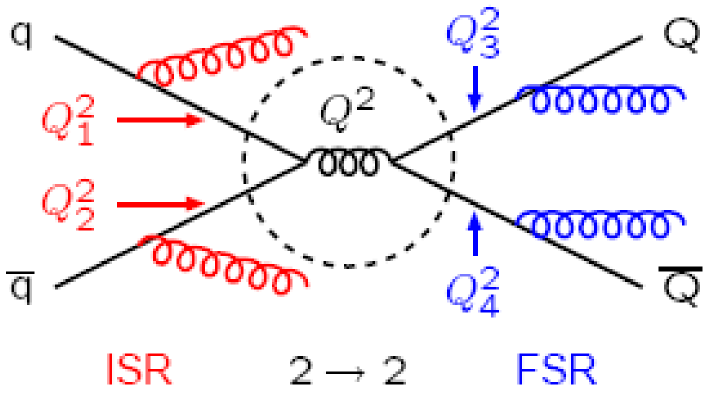
D0 Note 5126-CONF v7

Conclusões

- O sinal de 2 leptons de mesmo sinal é promissor
- Precisamos de uma simulação mais detalhada
- O maior bg deve ser instrumental e proveniente de QCD
- Sinal de 2 muons reduz o bg de QCD
- Veremos o estudo no contexto do DZero.

The Parton-Shower Approach

$$2 \to n \;=\; (2 \to 2) \oplus \text{ISR} \oplus \text{FSR}$$



FSR = Final-State Rad.;
timelike shower
$Q_i^2 \sim m^2 > 0$ decreasing

ISR = Initial-State Rad.;
spacelike shower
$Q_i^2 \sim -m^2 > 0$ increasing

$2 \to 2$ = hard scattering (on-shell):

$$\sigma = \iiint \mathrm{d}x_1\,\mathrm{d}x_2\,\mathrm{d}\hat{t}\; f_i(x_1, Q^2)\, f_j(x_2, Q^2)\, \frac{\mathrm{d}\hat{\sigma}_{ij}}{\mathrm{d}\hat{t}}$$

Shower evolution is viewed as a probabilistic process,
which occurs with unit total probability:
the cross section is not directly affected,
but indirectly it is, via the changed event shape