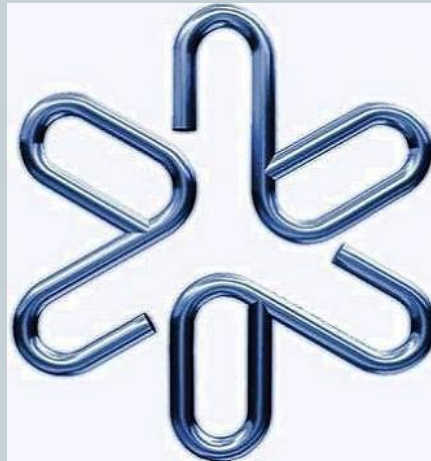


# Construção e testes de detectores a gás do tipo GEM



**BOLSISTA: GUILHERME F. RUIZ**

**ORIENTADOR: NELSON CARLIN FILHO**



# O que é um GEM?



Constitui-se de uma fina folha de kapton mergulhada numa câmara gasosa (Ar e CO<sub>2</sub>). A folha de kapton tem uma camada de cobre em cada um de seus lados. Essa placa é furada, com uma determinada densidade de furos, de forma que, ao se aplicar uma diferença de potencial entre as duas faces da placa, o campo elétrico dentro dos furos direciona os elétrons a entrar nos furos. O campo elétrico acelera os elétrons fazendo com que se choquem com os átomos do gás, arrancando assim mais elétrons. Esse efeito em cascata faz com que a corrente no ânodo seja multiplicada pelo ganho de cada GEM no detector, gerando assim mais elétrons. Os detectores GEM podem detectar partículas de altas e baixas energias e raios X, além de poderem ser montados de forma a cobrir grandes áreas e serem utilizados em experimentos de Física de altas energias.

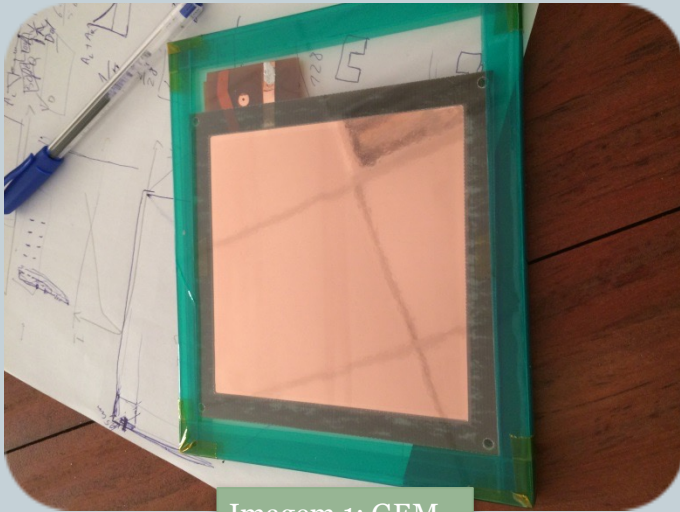


Imagem 1: GEM

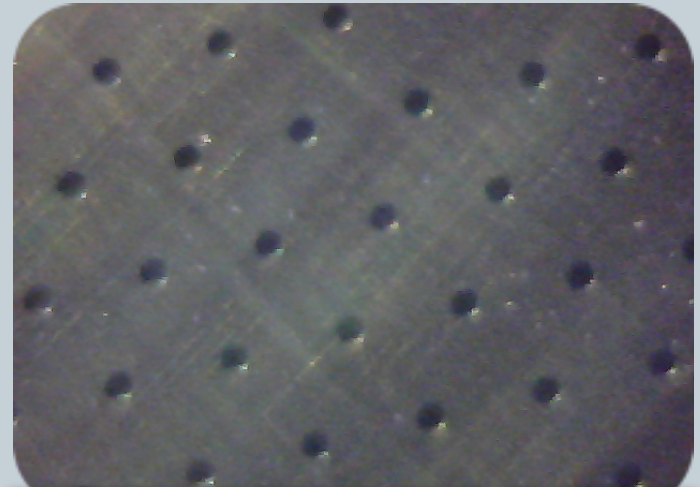


Imagem 2: Foto de microscópio dos furos do GEM

# Detector GEM

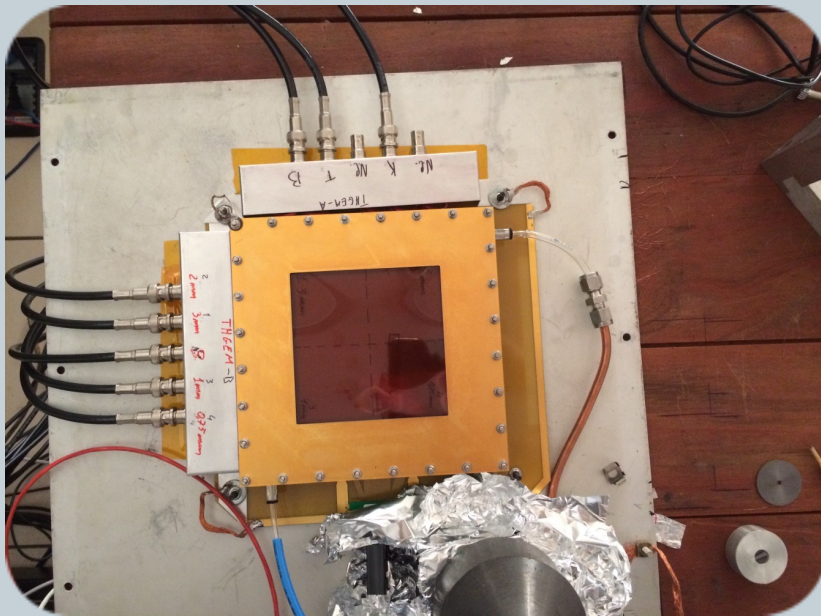


Imagem 3: Detector montado. Cada cabo alimenta uma face de cada GEM, enquanto os tubos injetam a mistura gasosa no interior da câmara do detector.

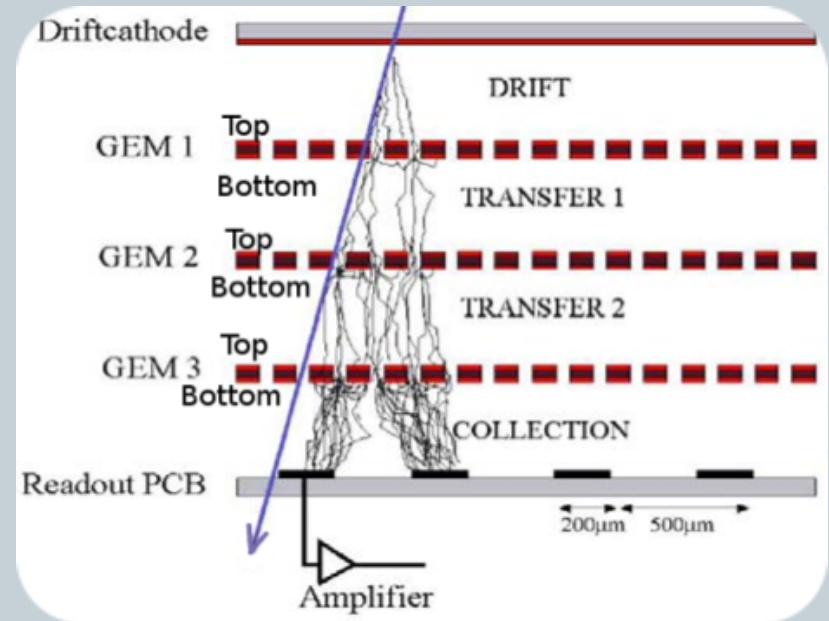
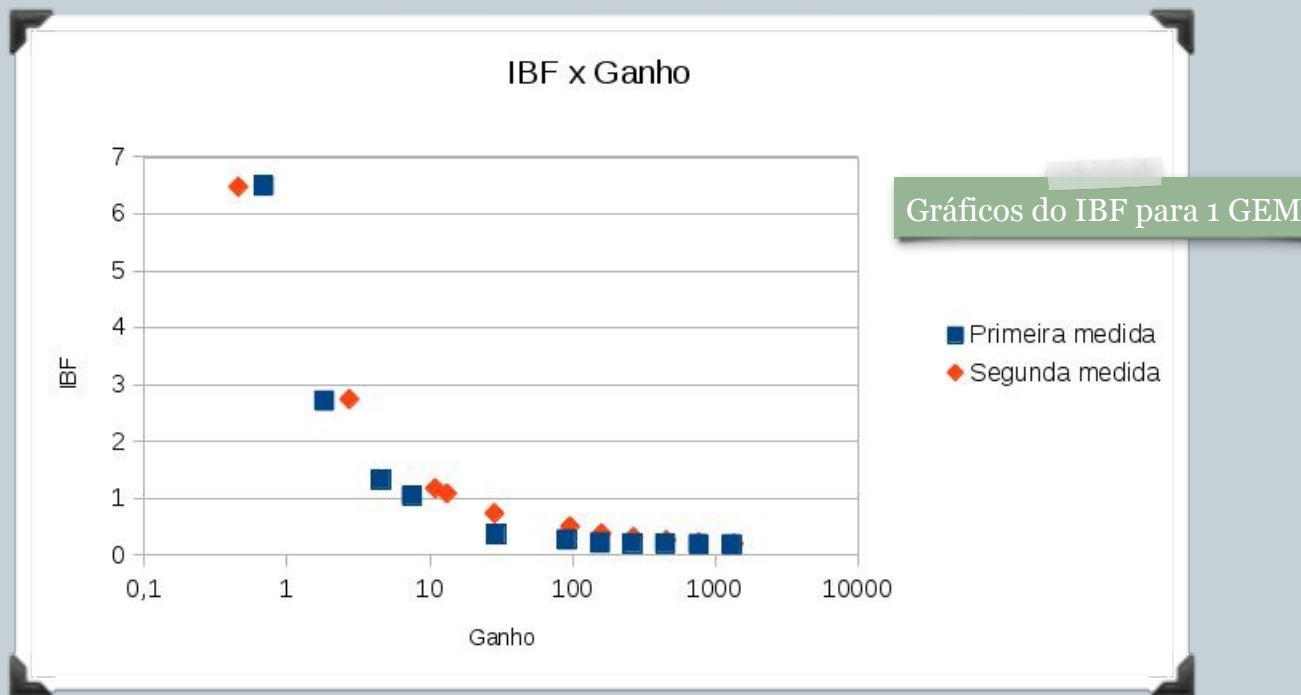


Imagem 4: Esquema de montagem em cascada de GEMs  
Fonte: <https://inspirehep.net/record/1236817/plots>

# Medidas realizadas com o GEM

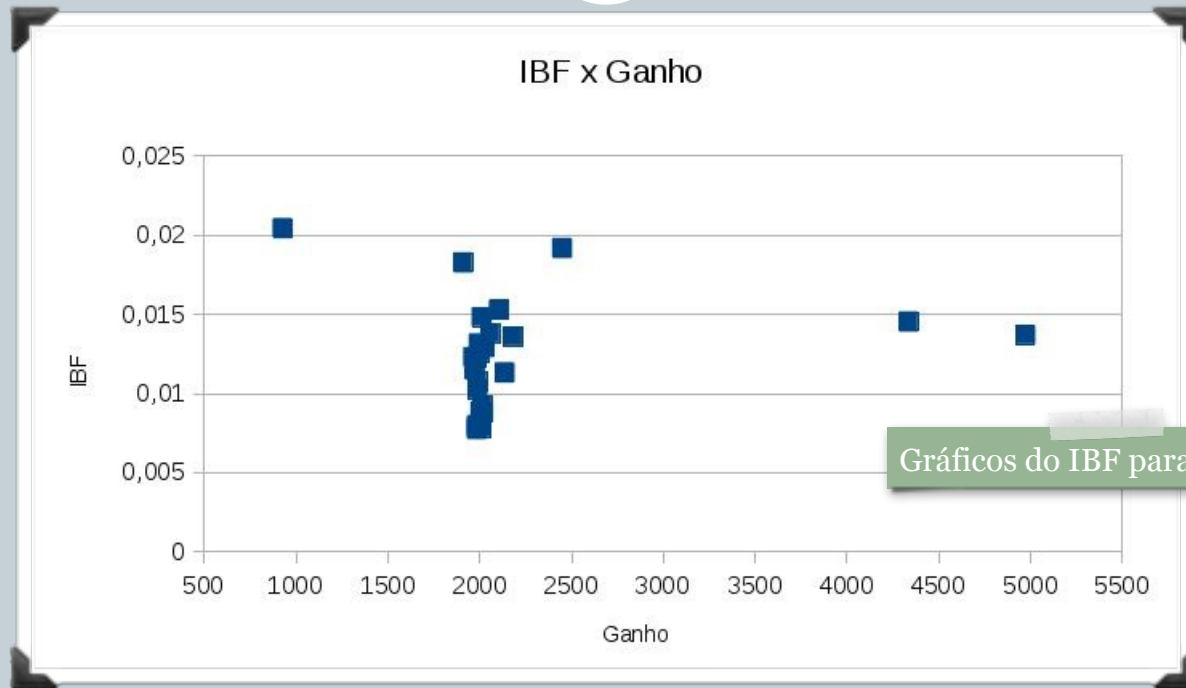


A fim de garantir a melhor calibração para o detector, realizamos medidas do Ion Back Flow (IBF) ou, em português, contra fluxo de íons. O IBF é a quantidade de íons positivos do gás que são atraídos no sentido contrário ao fluxo de elétrons pelo campo elétrico do GEM.



O IBF decresce conforme o ganho aumenta!

# IBF para 4 GEMs em série



Para um conjunto de 4 GEMs, a relação IBF x Ganho é bem mais complicada, pois podemos alterar a tensão em cada um dos 4 GEMs. Neste gráfico, podemos ver que em torno do ganho 2000 obtivemos uma grande flutuação nos valores do IBF, uma vez que utilizamos diferentes configurações de tensão nos GEMs mantendo um ganho próximo de 2000.



# Uma nova etapa

Após as medidas realizadas com o GEM, avançamos no desenvolvimento de um novo tipo de GEM, o Thick GEM. O Thick GEM nada mais é do que um GEM mais grosso e com buracos maiores e mais espaçados, porém, estes são desenhados e fabricados no Brasil. Para um estudo mais abrangente do Thick GEM, foi desenvolvido um modelo de teste dividido em 4 setores com configurações diferentes de espaçamento entre os buracos. Estes setores foram nomeados da seguinte forma de acordo com o espaçamento entre seus buracos: Setor 1 – 3mm, Setor 2 – 2mm, Setor 3 – 1mm e Setor 4 – 0,75mm.

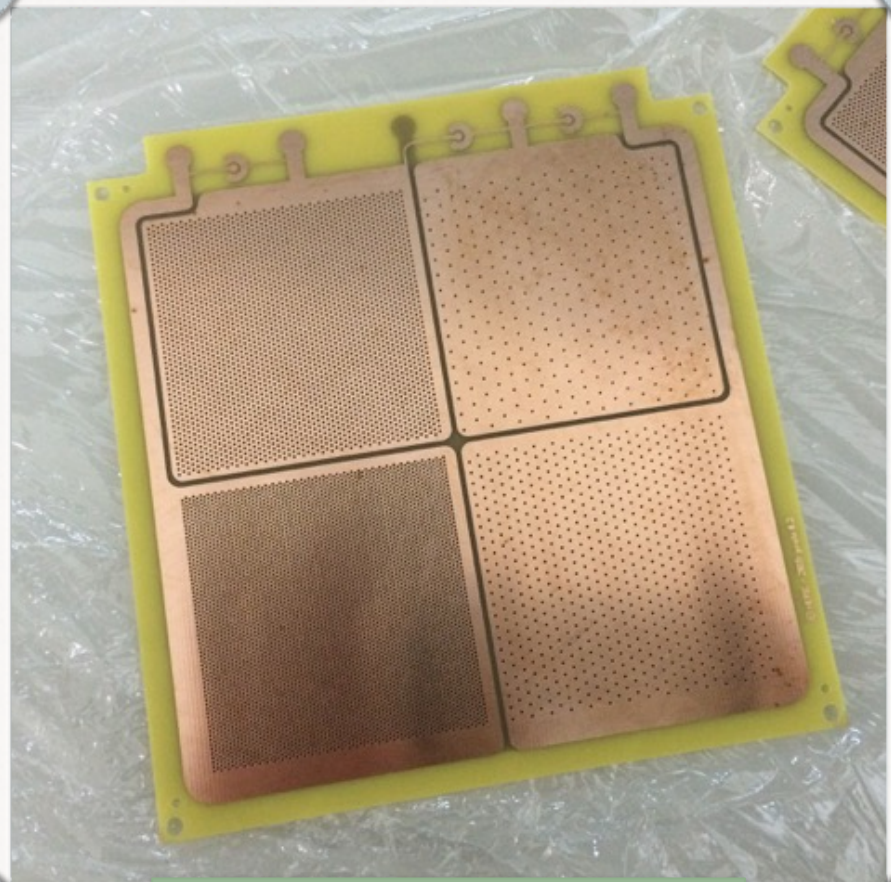


Imagem 5: Primeiro modelo Thick GEM

# Medidas realizadas



Até então, diversas medidas foram realizadas com o Thick GEM protótipo, sendo essas:

- Testes preliminares de “resistência a descargas”
- Correntes de fuga
- Eficiência de recolha de elétrons. Ou seja, o quanto dos elétrons gerados não são perdidos em função da tensão no catodo.
- Ganho

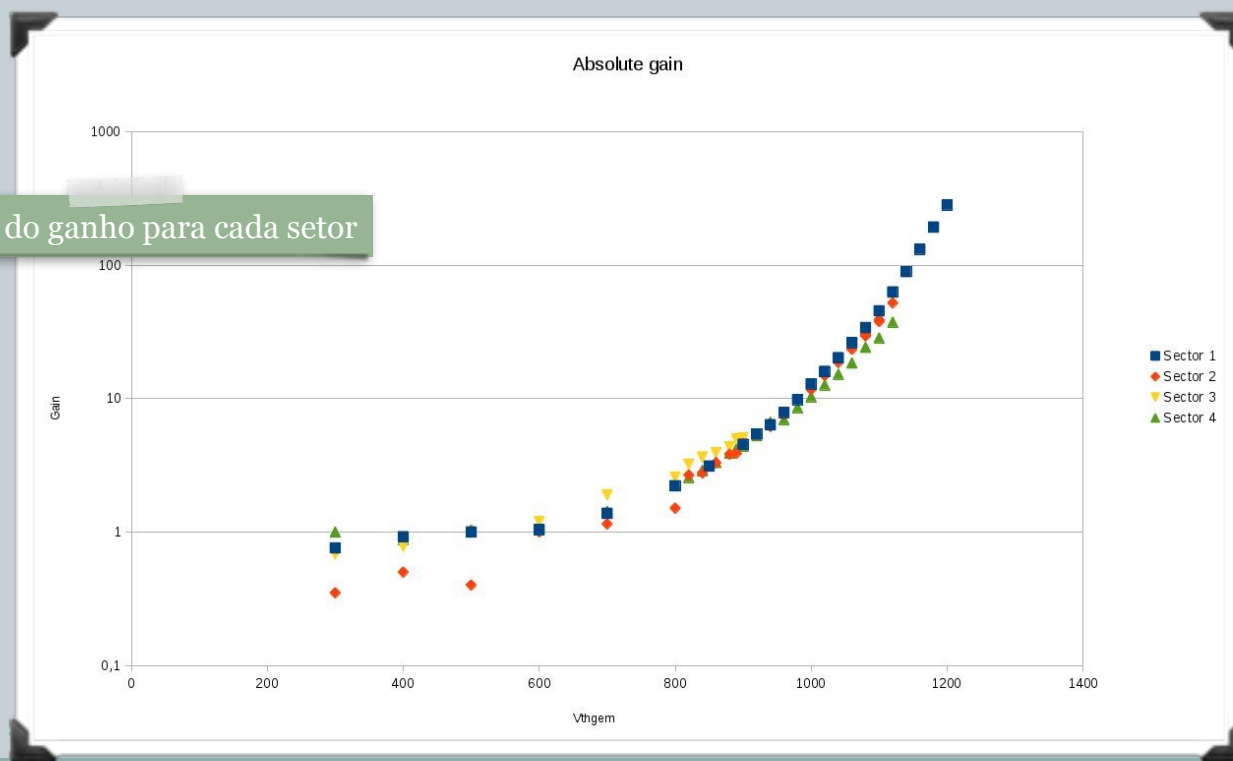
Todas essas medidas foram realizadas de forma a comparar o comportamento de cada setor e encontrar a configuração mais adequada para cada aplicação.

# Testes preliminares



Os testes preliminares consistiram em testar o quanto de tensão cada setor aguentaria antes de haverem descargas, além de medir o ganho que cada uma dessas tensões geraria. Com isso, obtivemos um gráfico do ganho pela tensão aplicada em cada setor do Thick GEM. Cada curva é limitada pela tensão máxima suportada no respectivo setor sendo divididas em duas sessões: uma em que o ganho varia pouco em torno de 1 e uma em que o ganho é exponencial.

Gráfico do ganho para cada setor

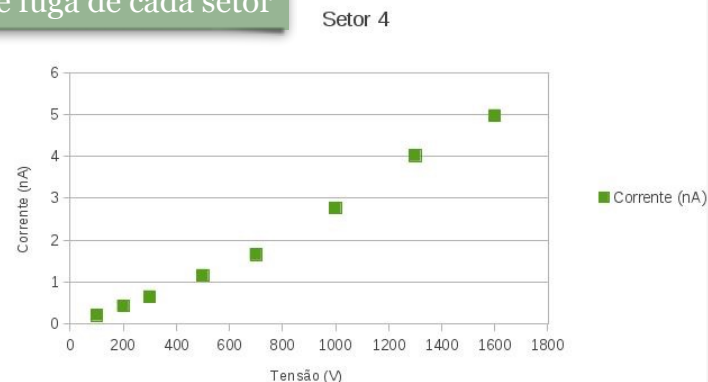
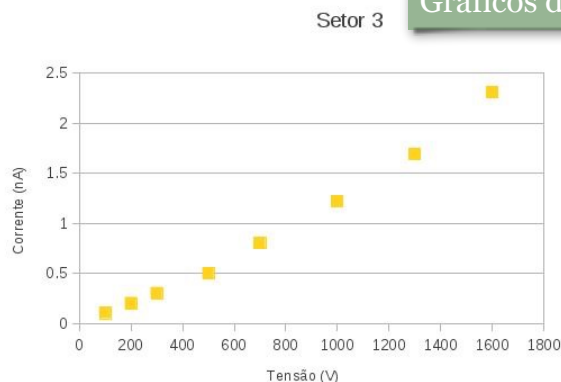
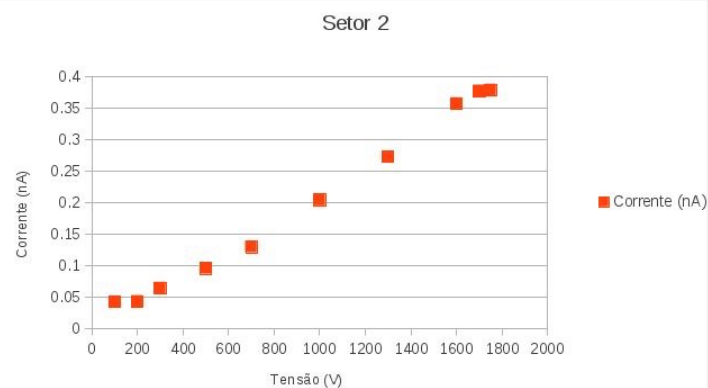
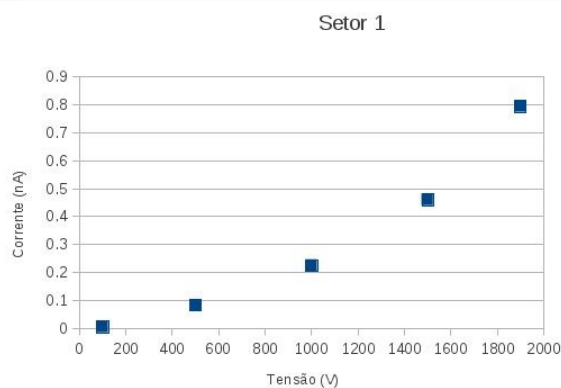




# Correntes de fuga



Em cada setor medimos a corrente de fuga gerada pela tensão aplicada no Thick GEM. Com isso obtivemos os seguintes gráficos para cada setor:



Gráficos da corrente de fuga de cada setor

# Eficiência de recolha

A eficiência de recolha foi medida utilizando como fonte radioativa um tubo de raios-X (Mini-X) de prata com tensão de 30kV e corrente de 100 $\mu$ A. Para obter a eficiência do Thick GEM, foi medida a corrente recebida em função da tensão aplicada no catodo, gerando assim o seguinte gráfico normalizado:

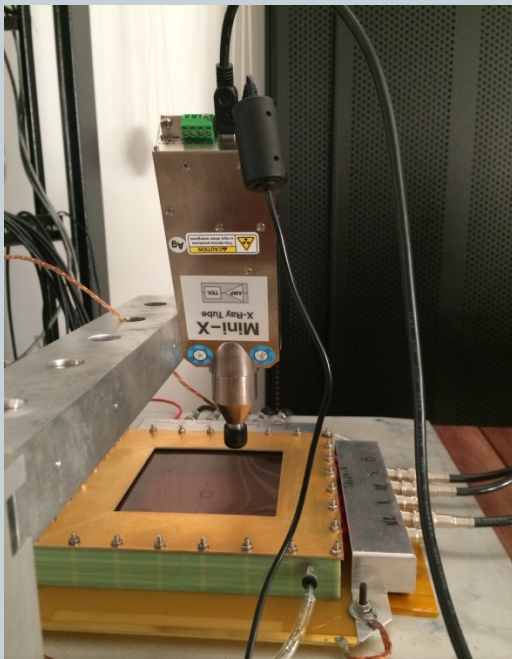
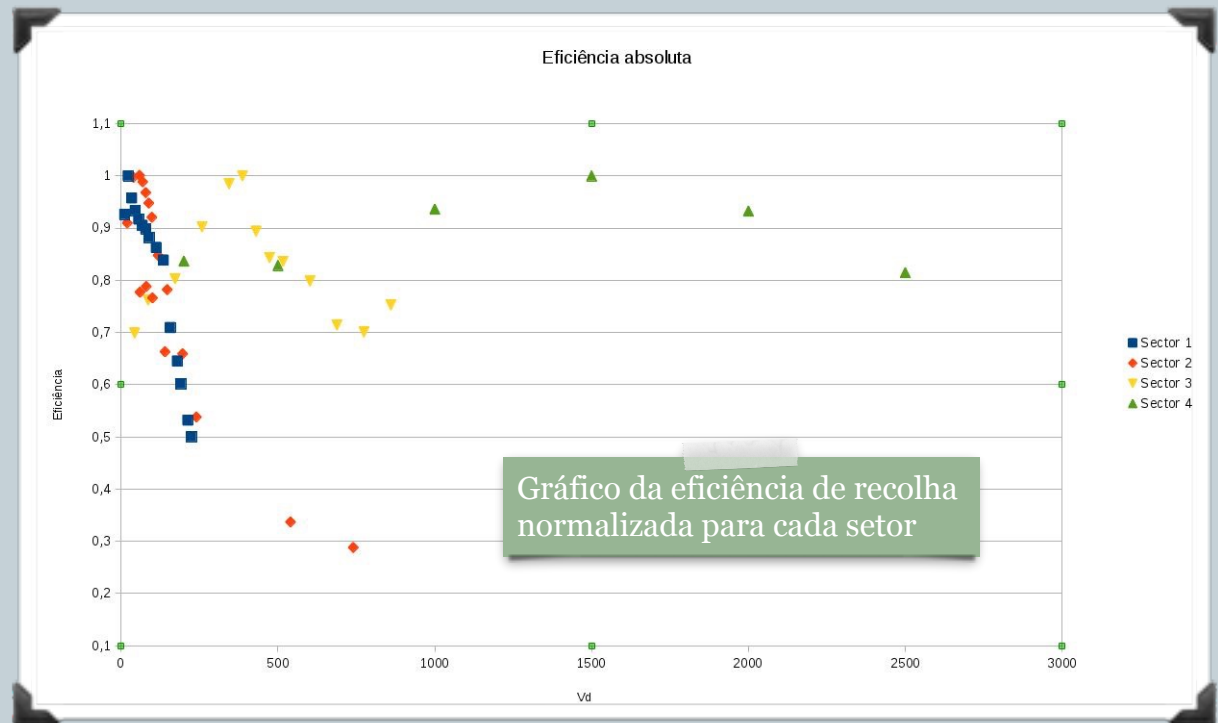


Imagem 6: Tubo de raios-X utilizado



# Ganho



Para o estudo do ganho utilizamos o mesmo tubo de raios-X das medidas de eficiência de recolha, porém, a corrente utilizada foi de  $50\mu\text{A}$ . O ganho para cada setor foi medido com uma eficiência de recolha fixada em 1. Variando a tensão no Thick GEM, obtivemos o seguinte gráfico do ganho absoluto, em escala logarítmica, pela tensão aplicada no Thick GEM em cada setor:



# Montagem do protótipo em série



Após as medidas realizadas com apenas um Thick GEM, avançamos para a utilização de dois Thick GEMs idênticos em série. As medidas com apenas um Thick GEM foram nomeadas de single GEM, enquanto as medidas com dois Thick GEMs foram nomeadas de Double GEM. O gráfico abaixo nos mostra que o ganho com dois Thick GEMs em série cresce mais rapidamente do que com apenas um Thick GEM.

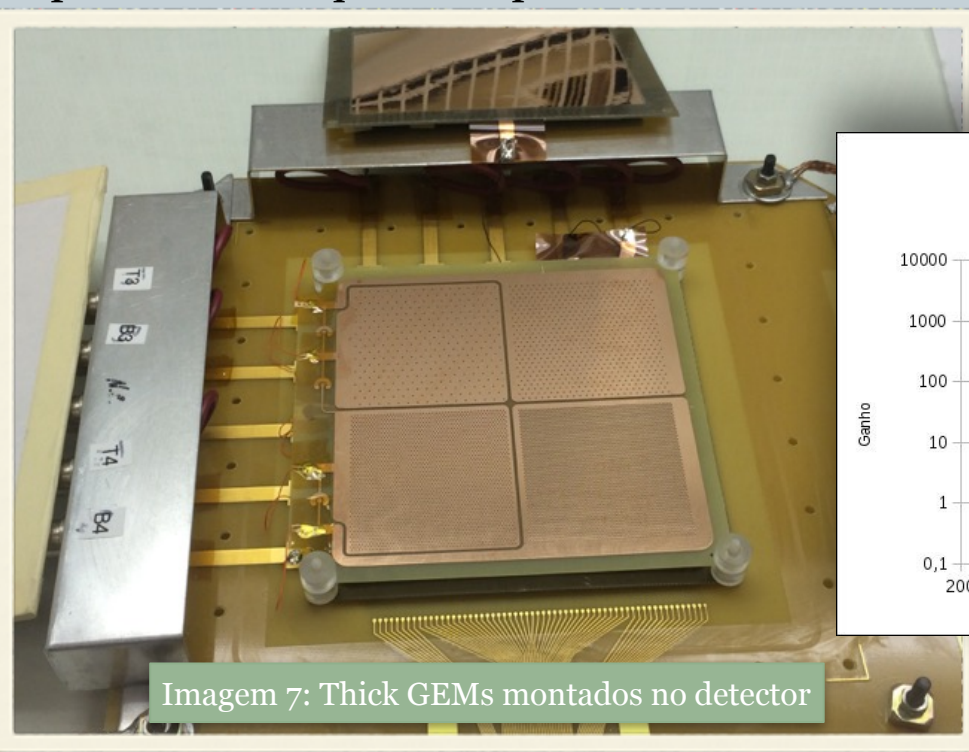
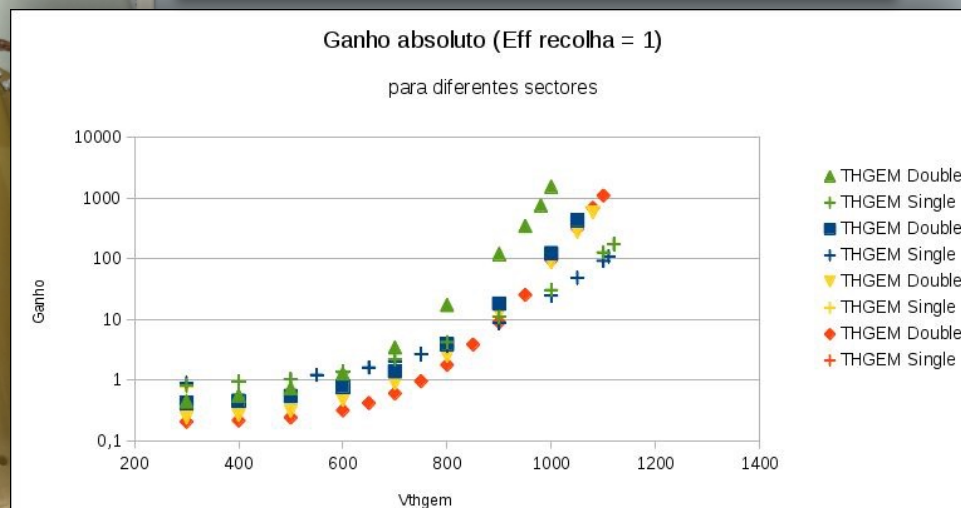


Imagem 7: Thick GEMs montados no detector

Comparação do ganho entre single e double GEM



# Primeiro detector ThickGEM



Após as medidas com o protótipo construímos nosso primeiro detector de 3 Thick GEMs em série, sendo o primeiro e ultimo Thick GEM de 1mm de espaçamento entre os buracos e o segundo de 2mm.

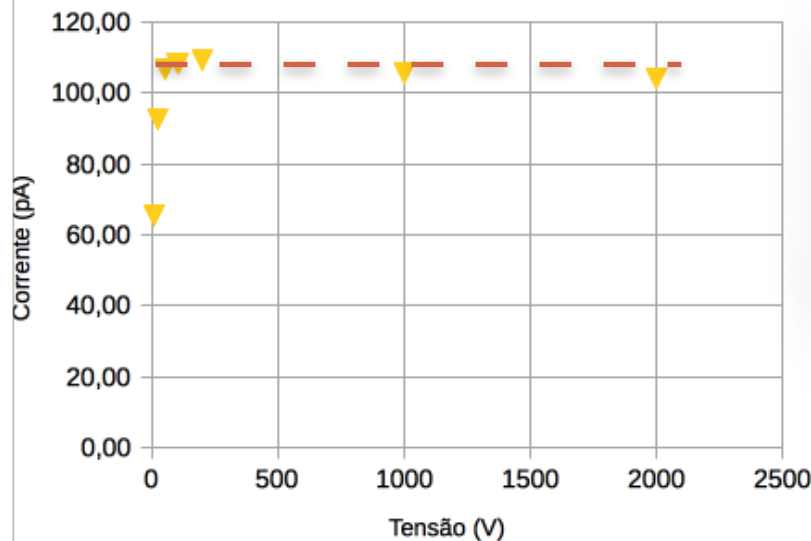
Inicialmente, realizamos medidas do ganho do detector variando a tensão em sua zona de deriva, zona de indução, zonas de transferência e através dos próprios ThickGEMs.

Por fim, realizamos medidas do ganho do detector em diferentes concentrações de gás sob as configurações mais adequadas encontradas nas medidas anteriores, a fim de avaliar se a mistura de 10% de CO<sub>2</sub> e 90% de AR anteriormente tidas como ideais para os GEMs também o era para os Thick GEMs.

# Corrente gerada pela tensão na deriva

A corrente gerada no ThickGEM 1 pouco varia para diferentes valores de tensão na zona de deriva acima de algumas dezenas de Volts. Isto nos possibilita deixar esta configuração como parâmetro livre a ser definido de acordo com o intuito de cada experimento ser perda de eficiência do detector.

Corrente no ThickGEM 1 x Tensão na deriva



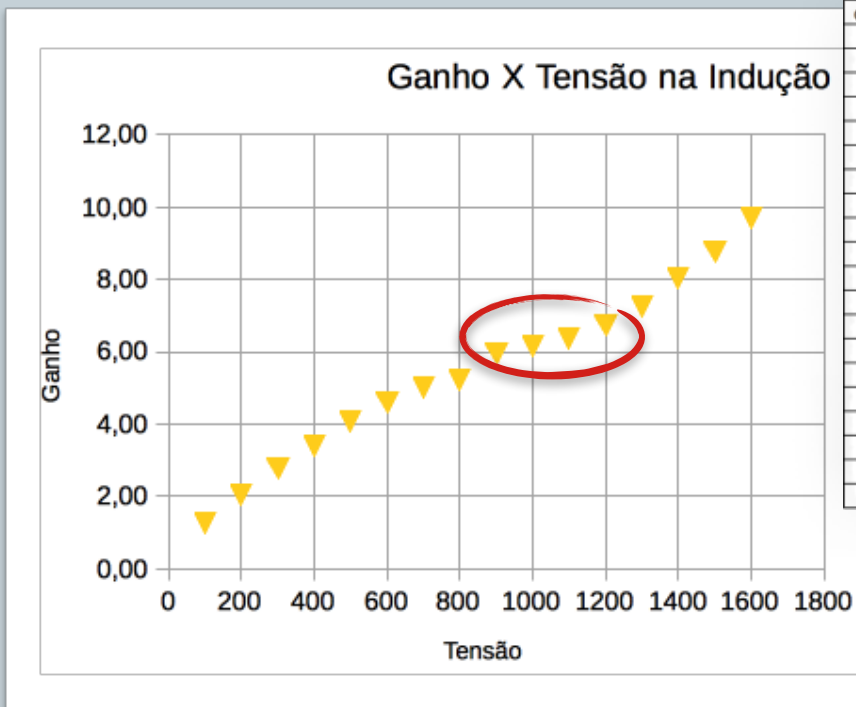
		corrente primaria (pA)		Amptek:
		106,5		10KV
				30uA
E(V/cm)	V	Offset (pA)	corrente (pA)	Corrente corrigida (pA)
6,25	10	0,09	66,06	65,97
12,5	20	0,75	93,84	93,09
31,25	50	0,97	108,10	107,13
62,5	100	0,71	109,34	108,63
125	200	0,71	110,43	109,72
625	1000	5,74	111,59	105,85
1250	2000	8,19	112,76	104,57

Corrente no Thick GEM 1 em função da tensão na zona de deriva



# Ganho em função da tensão na indução

O ganho do detector cresce conforme aumenta a tensão na zona de deriva, tendo uma região de pouca variação em torno de 1000 volts.

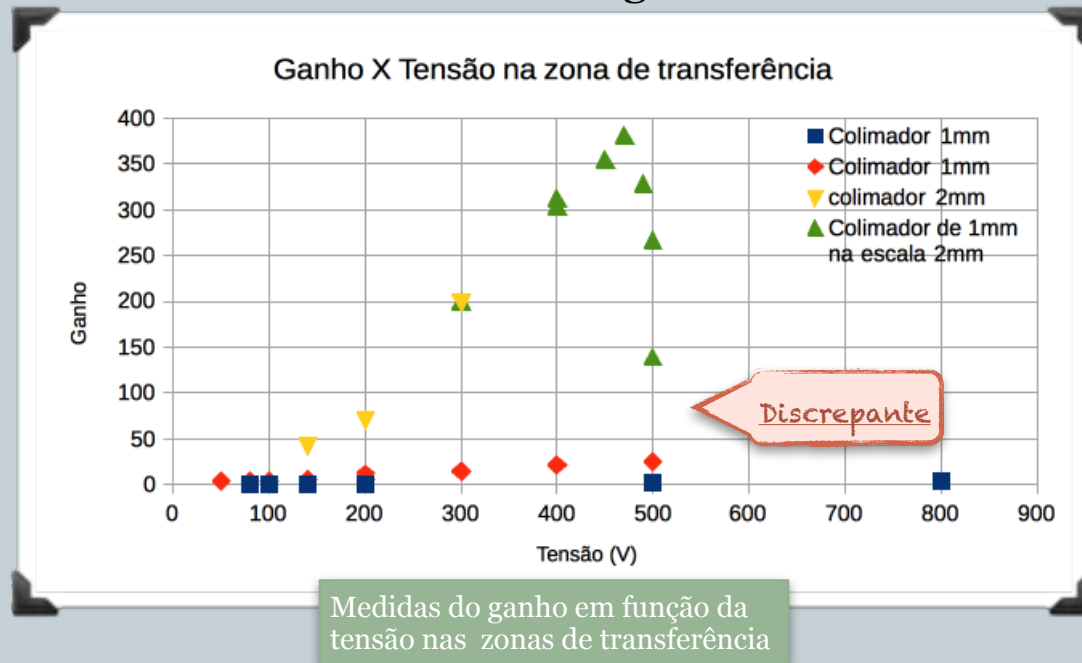


corrente primaria (pA)		Catodo	640		Amptek
106,5		Top THGEM	1000		10kV
					30uA
E(V/cm)	V	offset (pA)	corrente (pA)	Corrente corrigida (pA)	Ganho
314,96	100	6,27	143,19	136,92	1,29
629,92	200	7,48	227,73	220,25	2,07
944,88	300	6,08	303,36	297,28	2,79
1259,84	400	7,85	370,34	362,49	3,40
1574,80	500	15,45	451,55	436,1	4,09
1889,76	600	18,87	512,18	493,31	4,63
2204,72	700	15,73	550,55	534,82	5,02
2519,69	800	21,13	580,42	559,29	5,25
2834,65	900	19,53	654,24	634,71	5,96
3149,61	1000	21,82	679,51	657,69	6,18
3464,57	1100	19,43	701,97	682,54	6,41
3779,53	1200	22,42	744,58	722,16	6,78
4094,49	1300	20,15	795,55	775,4	7,28
4409,45	1400	23,05	878,79	855,74	8,04
4724,41	1500	21,12	955,9	934,78	8,78
5039,37	1600	25,9	1063,03	1037,13	9,74

Ganho em função da tensão na zona de indução

# Ganho em função da tensão nas zonas de transferência

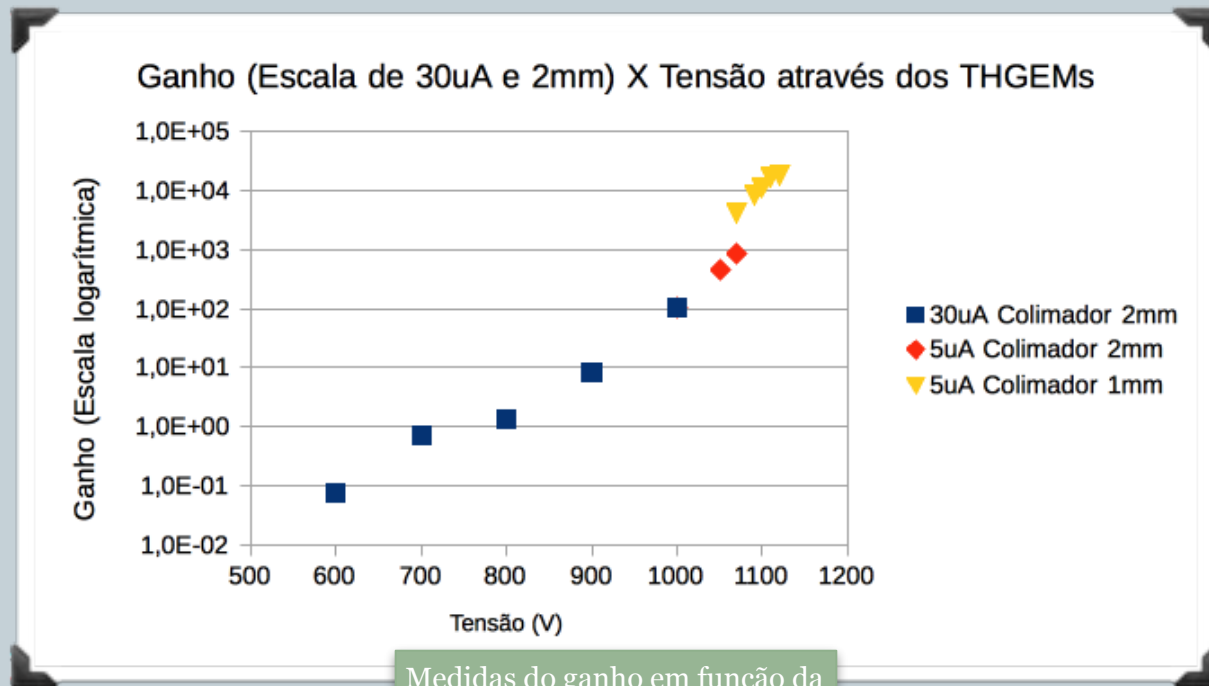
Para estas medidas utilizamos colimadores de 1mm e 2mm que servem como atenuadores, de forma que o colimador de 1mm permite a passagem de menos radiação do que o de 2mm. Entretanto, essa diferença é constante e, medindo o ganho gerado pelo detector com configurações idênticas exceto pelo colimador, podemos encontrar o fator de escala entre os ganhos.



O maior ganho foi atingido em 470 volts!

# Ganho em função da tensão através dos ThickGEMs

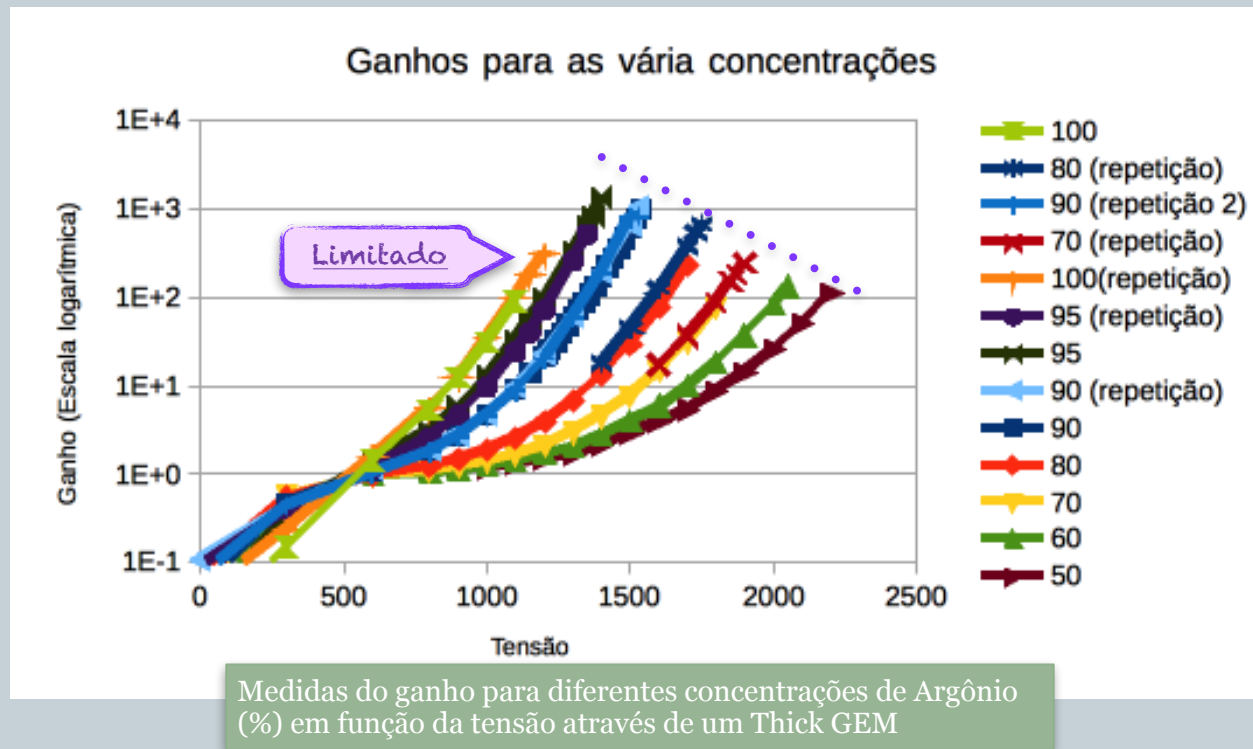
Primeiramente atenuamos o detector reduzindo a corrente aplicada ao tubo de raios-X de 30uA para 5uA, obtendo um efeito semelhante ao de utilizar um colimador. Após poucas medidas já se fez necessário atenuar novamente o feixe e, desta vez, passamos do colimador de 2mm para o de 1mm. Os resultados foram expressos na escala do colimador de 2mm com 30uA aplicados no tubo de raios-X.



Medidas do ganho em função da tensão através dos Thick GEMs

# Ganho sob diferentes concentrações de gás

Para obter o ganho em função da concentração de Argônio (expressa em porcentagem), realizamos as medidas para apenas um ThickGEM, variando a tensão através deste, já que o efeito no detector inteiro seria a combinação de três ThickGEMs separados.



O maior ganho é atingido, com menores tensões, em 95% de argônio!

# Conclusões



As medidas realizadas foram bastante elucidativas quanto o comportamento do detector de ThickGEMs em função da tensão em suas diferentes zonas e da concentração do gás utilizado. Agora, além de conhecermos o comportamento do detector em função de cada parâmetro variado, também encontramos as melhores configurações para nossos experimentos e verificamos que os valores anteriormente supostos ideais eram adequados mas não os melhores, sendo agora conhecidos os valores ideais para cada zona do detector e para a concentração do gás.

