

6 Conclusão

Esta dissertação teve por objetivo estudar a sensibilidade de alguns detectores à massa do neutrino eletrônico - proveniente de uma possível explosão de supernova galáctica que forme um buraco negro nos primeiros instantes após a explosão, interrompendo de modo súbito a emissão dos neutrinos - utilizando a técnica denominada de tempo de voo. Inicialmente reproduzimos os resultados obtidos em [90] para o Super-Kamiokande, que encontrou o valor limite de massa em 1.8 eV para uma supernova à distância típica de 10 kpc.

O passo seguinte foi levarmos em conta a existência de oscilações, que são dependentes do tipo de hierarquia a ser considerada e da densidade do meio onde os neutrinos propagam-se, representado pelo parâmetro de adiabaticidade. Então, consideramos primeiramente a hierarquia normal cujo ponto de ressonância encontra-se no setor dos neutrinos e independentemente dos casos (I, II ou III), as oscilações ocorrem de modo parcial. Para a hierarquia invertida há um ponto de ressonância no setor dos antineutrinos, fazendo com que ocorra a oscilação total dos sabores, o que eleva a energia média e diminui o tempo de atraso destas partículas ao considerarmos o caso I (adiabático). O caso II não foi abordado neste estudo e o caso III (não adiabático) é equivalente o da hierarquia normal, onde as oscilações são parciais.

Em todos os casos analisamos também a taxa de eventos em função do tempo e o número total de eventos em função da variação da massa limite.

Depois expandimos os resultados para outros detectores, Hiper-Kamiokande e TITAND, que ainda não estão aprovados, mas seus projetos indicam tamanhos muito superiores aos experimentos atuais, implicando em maior sensibilidade. Conseguimos, primeiramente sem considerar oscilações, obter resultados significativamente menores que os do Super-K: onde antes encontrávamos 1.8 eV passamos a obter ~ 0.5 eV para o Hiper-K e ~ 0.4

eV para o TITAND. O último experimento que estudamos foi o IceCube, que está calibrado para detectar neutrinos de altas energias, tornando-o bastante ineficiente para baixas energias, mas devido ao seu volume ser descomunal, seus resultados estiveram próximos dos experimento Hiper-K e TITAND, pois para uma supernova afastada 10 kpc, obtivemos o valor de ~ 0.5 eV.

Também buscamos resultados para os experimentos levando em conta a existência de oscilações, isto é, camadas de ressonância e hierarquia de massa que influenciam no fluxo dos antineutrinos. Verificamos que o fenômeno de oscilação causa uma queda na sensibilidade à massa limite do $\bar{\nu}_e$, de maneira praticamente irrelevante considerando o caso de hierarquia normal, mas muito mais acentuado quando assumimos oscilações em regiões adiabáticas e hierarquia invertida.

De um modo mais amplo, podemos comparar os nossos resultados com outros métodos de medida da massa do neutrino eletrônico e ver que conseguimos sensibilidade muito superior aos dados obtidos em experimentos de decaimento β , cujo limite superior atual para a m_{ν_e} é de 2 eV [15]. Também podemos perceber grandes melhoras na qualidade dos detectores, se lembrarmos que há vinte anos, usando também a técnica de tempo de voo, Arnett [17] obteve como limite superior para m_{ν_e} o valor de 12 eV, utilizando os eventos observados pelo Kamiokande e pelo IMB nos primeiros quatro segundos do sinal da supernova. A comparação dos nossos resultados com os fornecidos por dados cosmológicos fica um pouco prejudicada, tendo em vista que há muitas incertezas na cosmologia, tanto que o melhor limite superior atual [15] nos diz que a soma dos três neutrinos massivos pode ser 0.17 eV ou 2.0 eV, dependendo das suposições assumidas durante os cálculos. Por outro lado, nossos resultados não superam a possível sensibilidade que o experimento KATRIN (**K**arlsruhe **T**ritium **N**eutrino) possui, de 0.2 eV [106, 107], para medir a m_{ν_e} através do decaimento β do tritium. No entanto, podemos destacar que o detector TITAND pode chegar a limites próximos (~ 0.27 eV) para supernovas um pouco mais afastadas, no limite da nossa galáxia, em torno de 45 kpc.