

Abstract

The phenomenon of Multiple Stellar Populations (MSPs) is present in all well studied massive Globular Clusters (GCs) of the Milky Way Galaxy. Both spectroscopic and photometric studies have established that these objects had a more complex formation history than previously thought. Measurements of the abundance of light elements (e.g. Na, O, C, N) show a star-to-star variation, in turn, this presents itself in colour magnitude diagrams as splits primarily in the Red Giant Branch (RGB) of clusters when appropriate filters are used. In this work we have used the multi-band survey *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS) to study MSPs in four GCs, namely NGC 104, NGC 288, NGC 3201 and NGC 7089. S-PLUS consists of 12 filters spanning a range from 3485 Å(*u*) to 9114 Å(*z*), with seven narrow bands and five broad bands. We have performed PSF photometry in the images gathered by the survey and selected likely cluster members using proper motion information from the *Gaia* survey. We calibrated the data using a comparative method taking advantage of the presence of a GC in the field and corrected NGC 3201, a cluster displaying large extinction, by differential reddening. We identified the presence of MSPs in the rectified RGB, constructed six colour combinations and used the K-means algorithm to separate the populations. We characterised the populations as Na-rich and Na-poor using abundance data from the literature. We have also traced the radial profiles of the MSPs, in NGC 288 and NGC 7089 the second population is more centrally concentrated while for NGC 3201 the opposite trend is true. Current MSPs formation theories suggest a higher concentration of the second population. NGC 104 does not show a significant difference in the populations. Furthermore, we have analysed the proper motion of the populations in the four studied clusters. By separating the movement of the stars within the cluster in their radial and tangential components and using a Heteroscedastic Gaussian Regression to trace the velocity dispersion profiles along the radial direction. Significant differences are found in three of the clusters, namely NGC 104, NGC 288 and NGC 7089, while NGC 3201 has very similar profiles between populations.

Key words: Surveys — globular clusters: individual: (NGC 104) (NGC 288) (NGC 3201) (NGC 7089)

Resumo

O fenômeno de Múltiplas Populações Estelares (MPEs) está presente em todos os Aglomerados Globulares (AGs) massivos bem estudados da Via Láctea. Tanto estudos espectroscópicos quanto fotométricos já estabeleceram que estes objetos possuem um histórico de formação mais complexo do que se imaginava. Medições da abundância de elementos leves (como por exemplo Na, C, O, N) mostram uma variação de estrela para estrela, isto se reflete em sequências distintas principalmente no Ramo das Gigantes Vermelhas (RGV) quando filtros apropriados são utilizados para construir diagramas cor-magnitude. Neste trabalho utilizamos o levantamento de dados de multi-banda *Southern Photometric Local Universe Survey* (S-PLUS) para estudar as MPEs em quatro aglomerados: NGC 104, NGC 288, NGC 3201 e NGC 7089. O S-PLUS consiste de 12 filtros que alcançam de 3485 Å(*u*) até 9114 Å(*z*), com sete bandas estreitas e cinco largas. Fotometria por PSF foi feita nas imagens coletadas pelo S-PLUS e os prováveis membros dos aglomerados foram selecionados utilizando informações de movimento próprio do levantamento de dados *Gaia*. Os dados foram calibrados através de um método comparativo se aproveitando do fato de um aglomerado globular estar no campo observado e NGC 3201, um aglomerado com avermelhamento diferencial significativo, foi corrigido por avermelhamento diferencial. A presença de MPEs foi identificada no RGV retificado, seis combinações de cores foram construídas e o algoritmo *K-means* foi utilizado para separar as populações. Essas foram caracterizadas como Na-ricas e Na-pobres usando dados de abundância da literatura. Os perfis radiais das EMPs foram traçados, em NGC 288 e NGC 7089 a segunda população está mais concentrada enquanto que em NGC 3201 o contrário é verdadeiro. As atuais teorias de formação de EMPs sugerem uma concentração maior da segunda população. O aglomerado NGC 104 não mostra uma diferença significativa entre as populações. Além disso, analisamos o movimento próprio das populações nos quatro aglomerados. Separando o movimento das estrelas no aglomerado nas suas componentes radial e tangencial e usando uma Regressão Gaussiana Heteroscedastica para traçar os perfis de dispersão de velocidade ao longo da direção radial. Diferenças significativas foram encontradas em três dos aglomerados: NGC 104, NGC 288 e NGC 7089, enquanto que NGC 3201 possui perfis similares entre as duas populações.

Palavras-chave: levantamentos de dados — aglomerados globulares: individual: (NGC 104) (NGC 288) (NGC 3201) (NGC 7089)